

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Кафедра електропостачання _____
(повна назва кафедри)

« » 20 p.

Київ – 2018 року

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи: дисертація викладена на 89 сторінках, складається зі вступу, 5 розділів та висновку. У роботі міститься 8 рисунків, 23 таблиці, список використаних джерел із 32 найменувань на 4 сторінках. При виконанні дисертації використовувалося програмне забезпечення MS Excel.

Актуальність теми. Електроенергія є одним з найбільш вагомих продуктів проміжного споживання країни. Також електрична енергія становить вагомую частку в витратах практично усіх галузей економіки. Важливим питанням енергетичного планування та політики є прогнозування попиту на електричну енергію. Дане питання є актуальним не лише для країн, що розвиваються, у яких відсутні необхідні дані, підходящі моделі та інституціональний апарат, але й для промислово розвинених країн, у яких такі ускладнення відсутні.

Електроенергія має ряд значних переваг перед іншими енергоносіями. Її особливість як продукту полягає в наявності обмежень стосовно організації зберігання та накопичення [1]. Даний фактор має вплив на надійність функціонування електроенергетичної системи. Актуальним завданням усіх учасників електроенергетичного ринку є подальший розвиток системи взаємодії учасників на основі удосконалення методів управління та регулювання, а також нормативно-правового регламентування їхньої діяльності. В сучасних умовах особливого значення для вітчизняної енергетичної галузі набувають питання щодо управління попитом електричної енергії, забезпечення стандартів якості електроенергії в контексті інтеграції в європейський ринок електроенергії, а також адаптації об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України з локальними електромережами, що діють на основі альтернативних і відновлювальних джерел енергії.

Попит споживачів на електричну енергію в ОЕС України має нерівномірний характер. Це негативно впливає на формування та покриття добових графіків її електричного навантаження. Оскільки населення є найбільш суттєвим споживачем, то воно має найбільший вплив на зміну добових графіків електричного навантаження.

Електроенергетика сьогодні зазнає подальших ринкових трансформацій. У світі спостерігається тенденція переходу до лібералізованих ринків електричної енергії. Таким чином споживачі і виробники переходять на новий рівень відносин, що значно розширює можливості кожного з них як учасника ринку.

В Україні з прийняттям закону «Про ринок електричної енергії» розпочався процес лібералізації даного ринку. Нова модель електроенергетичного ринку, пропонована законом, передбачає створення різних сегментів ринку. Поява нових і, відповідно, незалежних постачальників забезпечить умови для формування різних тарифних пропозицій для споживачів, у тому числі залежно від характерного для них графіку навантаження (залежно від години доби). Тож споживач зможе вибрати собі постачальника за сприятливими для себе умовами. Цей процес є досить складним і може зайняти декілька років. Для реалізації поставленої мети необхідні значні правові, економічні, технічні та організаційні зміни.

Тому питання прогнозування попиту на електричну енергію для побутових споживачів є актуальним.

Мета дослідження: розробити сценарний підхід з прогнозування та оцінки динаміки попиту на електричну енергію для покращення енергозабезпечення побутових споживачів.

Завдання дослідження:

- огляд вітчизняної та зарубіжної літератури для обґрунтування актуальності проблематики прогнозування динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів;
- вибір методології та методів наукового дослідження;

- створення статистичної бази даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами по країнам Європейського Союзу (ЄС) та України;
- дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів;
- розробка сценарного підходу для прогнозування та оцінки динаміки попиту на електричну енергію побутових споживачів;
- розробка стартап-проекту з інноваційних рішень за напрямком попиту на електричну енергію.

Об’єкт дослідження: попит на електричну енергію для побутових споживачів.

Предмет дослідження: динаміка попиту на електричну енергію для побутових споживачів.

Методи дослідження. Основу виконаних досліджень склали такі методи:

- порівняльний аналіз - для порівняння ланцюгових та базисних показників відносних швидкостей зміни рівнів попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки та порівняння ланцюгових та базисних показників відносних швидкостей зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки;

- метод часових рядів - для дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки та дослідження динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки;

- кореляційний аналіз - для визначення зв’язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та чисельністю наявного населення України та визначення зв’язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та тарифом на електричну енергію України;

- регресійний та сценарний аналізи - для розробки сценарію поведінки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України у 2026 році;

- SWOT-аналіз - для аналізу стартап проекту, базованого на результатах дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів. Розробка сценарного підходу для прогнозування та оцінки динаміки попиту на електричну енергію побутових споживачів.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати дослідження можуть бути використані енергопостачальними та енергопередавальними компаніями при розробці типових профілів навантаження побутових споживачів.

Апробація результатів дисертації та публікації. На основі матеріалів, використаних в процесі дослідження було зроблено доповідь на I науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ.

Ключові слова: попит на електричну енергію, побутовий споживач, управління попитом, електроспоживання домогосподарств, графік споживання електричної енергії, об'єднаний енергетичний ринок, типові профілі електричного навантаження, прогнозування, порівняльний аналіз, метод часових рядів, регресійний аналіз, кореляційний аналіз, сценарний аналіз.

ABSTRACT

Structure and scope of work: The dissertation is presented on 87 articles, consists of an introduction, 5 departments and a drawing. There are 8 drawings, 23 tables, and a list of used sources from 32 items in 4 stories. MS Excel software was used to download the thesis.

Actuality of theme. Electricity is one of the most important intermediate consumption products of the country. Also, electric energy accounts for a significant share in the costs of almost all sectors of the economy. An important issue of energy planning and policy is the prediction of demand for electricity. This issue is relevant not only for developing countries, which lack the necessary data, suitable models and institutional apparatus, but also for industrialized countries where such complications are absent.

Electricity has a number of significant advantages over other energy sources. Its feature as a product is the availability of restrictions on the organization of storage and accumulation [1]. This factor has an impact on the reliability of the functioning of the power system. The urgent task of all participants in the electricity market is the further development of the system of interaction of participants on the basis of improving the methods of management and regulation, as well as regulatory and legal regulation of their activities. In today's conditions, issues concerning the management of electricity demand, the provision of electricity quality standards in the context of integration into the European electricity market, as well as adaptation of Ukraine's unified energy system (UES) with local electricity grids, operating on the basis of alternative energy supply, are of particular importance for the domestic energy industry. and renewable energy sources.

Consumer demand for electricity in the UES of Ukraine is uneven. This negatively affects the formation and coverage of daily charts of its electrical load.

Since the population is the most significant consumer, it has the greatest impact on changing the daily charts of electrical load.

Electricity is undergoing further market transformations today. In the world, there is a tendency towards the transition to liberalized electricity markets. Thus, consumers and manufacturers are moving to a new level of relationships, which greatly expands the capabilities of each of them as a market participant.

In Ukraine, with the adoption of the law "On the Electricity Market", the process of liberalization of this market began. The new model of the electricity market, proposed by law, involves the creation of various segments of the market. The emergence of new and, accordingly, independent suppliers will provide conditions for the formation of various tariff proposals for consumers, including depending on their characteristic load schedule (depending on the hour of the day). So the consumer will be able to choose a supplier for favorable conditions. This process is quite complicated and may take several years. To achieve this goal, significant legal, economic, technical and organizational changes are required.

Therefore, the issue of forecasting the demand for electricity for household consumers is relevant.

The purpose of the study is to develop a scenario approach for forecasting and estimating the dynamics of demand for electric energy to improve the energy supply of domestic consumers.

Objectives of the study:

- review of domestic and foreign literature to substantiate the relevance of the problem of forecasting the dynamics of demand for electricity for household consumers;
- selection of methodology and methods of scientific research;
- creation of a statistical database on electricity consumption by households in the countries of the European Union (EU) and Ukraine;
- study of the dynamics of demand for electric energy for household consumers;
- development of a scenario approach for forecasting and estimating the

dynamics of demand for electric energy of domestic consumers;

- development of a startup project on innovative solutions in the direction of demand for electricity.

Object of research: demand for electric energy for household consumers.

Subject of research: dynamics of demand for electric energy for household consumers.

Research methods. The basis of the research carried out were the following methods:

- comparative analysis - for comparison of the chain and basic indicators of relative rates of change in the levels of demand for electricity for household consumers in Belgium, Norway and Ukraine for 2007-2016 and comparison of the chain and basic indicators of relative rates of change in the levels of specific demand for electric energy for domestic consumers in Ukraine for 2013-2016;

- a time series method for studying the dynamics of demand for electricity for household consumers in Belgium, Norway and Ukraine for 2007-2016 and the study of the dynamics of specific demand for electric energy for household consumers in Ukraine for 2013-2016;

- correlation analysis - to determine the relationship between demand for electricity for household consumers and the number of available population of Ukraine and to determine the connection between demand for electricity for household customers and the tariff for electricity in Ukraine;

- regression and scenario analysis - for developing a scenario for the demand for electric energy for household consumers in Ukraine in 2026;

- SWOT analysis - to analyze the startup of the project, based on the results of the study.

Scientific novelty of the obtained results. Development of a scenario approach for forecasting and estimating the dynamics of demand for electric energy of domestic consumers.

The practical value of the results. The obtained results of the research can be used by power supply and power transmission companies in developing typical load profiles for household consumers.

Testing the results of the dissertation and publication. On the basis of the materials used in the research process, a report was made at the 1st scientific and technical conference of IEE masters.

Key words: demand for electricity, consumer, demand management, household electricity consumption, electricity consumption schedule, combined energy market, typical electrical load profiles, forecasting, comparative analysis, time series method, regression analysis, correlation analysis, scenario analysis .

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	13
ВСТУП.....	14
1ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ПРОБЛЕМАТИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ПОПИТУ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ ДЛЯ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ.....	18
1.1 Огляд вітчизняної літератури з методології прогнозування попиту на електричну енергію.	18
1.2 Огляд зарубіжної літератури з методології прогнозування попиту на електричну енергію.	23
1.3. Методологія теорії ігор	24
1.4 Типові профілі навантаження.....	27
1.5 Аналіз нормативно-правової бази за тематикою попиту на електричну енергію для побутових споживачів.....	30
Висновки до розділу 1	33
2 МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	35
2.1 Порівняльний аналіз.....	35
2.2 Метод часових рядів	35
2.3 Кореляційний аналіз.....	37
2.4 Регресійний аналіз.....	38
2.5 Сценарний аналіз.....	39
2.6 SWOT-аналіз.....	42
Висновки до розділу 2	43
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПОПИТУ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ ДЛЯ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ.....	45
3.1 Створення статистичної бази даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами по країнам Європейського Союзу та України	45

3.2 Дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за лінією тренду	47
3.3 Дослідження динаміки попиту на електричну енергію за методом часових рядів	49
3.3.1 Визначення ланцюгових показників попиту на електричну енергію побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України	49
3.3.2 Визначення базисних показників попиту на електричну енергію побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України	54
3.4 Порівняльний аналіз відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки	59
Висновки до розділу 3	61
4 РОЗРОБКА СЦЕНАРНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ ПОПИТУ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ	63
4.1 Визначення факторів, які впливають на динаміку попиту на електричну енергію для побутових споживачів.....	63
4.2 Застосування кореляційного аналізу для визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та соціально-економічних і демографічних факторів	65
4.3 Застосування методу часових рядів для виконання порівняльного аналізу динаміки питомого попиту на електричну енергію побутових споживачів України	68
4.4 Розробка сценарію для прогнозування динаміки попиту на електричну енергію побутових споживачів України	72
Висновки до розділу 4	75
5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «СОНЯЧНІ ЖАЛЮЗІ»	77
5.1 Опис ідеї стартап-проекту	78
5.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	79
Висновки до розділу 5	83
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ОЕС – Об'єднана енергетична система;

ЄС – Європейський союз;

ВВП – внутрішній валовий продукт;

ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології.

ВСТУП

Актуальність теми. Електроенергія є одним з найбільш вагомих продуктів проміжного споживання країни. Також електрична енергія становить вагому частку в витратах практично усіх галузей економіки. Важливим питанням енергетичного планування та політики є прогнозування попиту на електричну енергію. Дане питання є актуальним не лише для країн, що розвиваються, у яких відсутні необхідні дані, підходящі моделі та інституціональний апарат, але й для промислово розвинених країн, у яких такі ускладнення відсутні.

Електроенергія має ряд значних переваг перед іншими енергоносіями. Її особливість як продукту полягає в наявності обмежень стосовно організації зберігання та накопичення [1]. Даний фактор має вплив на надійність функціонування електроенергетичної системи. Актуальним завданням усіх учасників електроенергетичного ринку є подальший розвиток системи взаємодії учасників на основі удосконалення методів управління та регулювання, а також нормативно-правового регламентування їхньої діяльності. В сучасних умовах особливого значення для вітчизняної енергетичної галузі набувають питання щодо управління попитом електричної енергії, забезпечення стандартів якості електроенергії в контексті інтеграції в європейський ринок електроенергії, а також адаптації об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України з локальними електромережами, що діють на основі альтернативних і відновлювальних джерел енергії.

Попит споживачів на електричну енергію в ОЕС України має нерівномірний характер. Це негативно впливає на формування та покриття добових графіків її електричного навантаження. Оскільки населення є найбільш суттєвим споживачем, то воно має найбільший вплив на зміну добових графіків електричного навантаження.

Електроенергетика сьогодні зазнає подальших ринкових трансформацій. У світі спостерігається тенденція переходу до лібералізованих ринків електричної енергії. Таким чином споживачі і виробники переходять на новий рівень відносин, що значно розширює можливості кожного з них як учасника ринку.

В Україні з прийняттям закону «Про ринок електричної енергії» розпочався процес лібералізації даного ринку. Нова модель електроенергетичного ринку, пропонована законом, передбачає створення різних сегментів ринку. Поява нових і, відповідно, незалежних постачальників забезпечить умови для формування різних тарифних пропозицій для споживачів, у тому числі залежно від характерного для них графіку навантаження (залежно від години доби). Тож споживач зможе вибрати собі постачальника за сприятливими для себе умовами. Цей процес є досить складним і може зайняти декілька років. Для реалізації поставленої мети необхідні значні правові, економічні, технічні та організаційні зміни.

Тому питання прогнозування попиту на електричну енергію для побутових споживачів є актуальним.

Мета дослідження: розробити сценарний підхід з прогнозування та оцінки динаміки попиту на електричну енергію для покращення енергозабезпечення побутових споживачів.

Завдання дослідження:

- огляд вітчизняної та зарубіжної літератури для обґрунтування актуальності проблематики прогнозування динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів;
- вибір методології та методів наукового дослідження;
- створення статистичної бази даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами по країнам Європейського Союзу (ЄС) та України;
- дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів;

- розробка сценарного підходу для прогнозування та оцінки динаміки попиту на електричну енергію побутових споживачів;
- розробка стартап-проекту з інноваційних рішень за напрямком попиту на електричну енергію.

Методи дослідження. Основу виконаних досліджень склали такі методи:

- порівняльний аналіз - для порівняння ланцюгових та базисних показників відносних швидкостей зміни рівнів попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки та порівняння ланцюгових та базисних показників відносних швидкостей зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки;
- метод часових рядів - для дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки та дослідження динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки;
- кореляційний аналіз - для визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та чисельністю наявного населення України та визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та тарифом на електричну енергію України;
- регресійний та сценарний аналізи - для розробки сценарію поведінки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України у 2026 році;
- SWOT-аналіз - для аналізу стартап проекту, базованого на результатах дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів. Розробка сценарного підходу для прогнозування та оцінки динаміки попиту на електричну енергію побутових споживачів.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати дослідження можуть бути використані енергопостачальними та енергопередавальними компаніями при розробці типових профілів навантаження побутових споживачів.

Апробація результатів дисертації та публікації. На основі матеріалів, використаних в процесі дослідження було зроблено доповідь на I науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ.

1 ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ПРОБЛЕМАТИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ПОПИТУ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ ДЛЯ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ.

1.1 Огляд вітчизняної літератури з методології прогнозування попиту на електричну енергію.

Для того щоб обґрунтувати актуальність проблематики прогнозування динаміки попиту на електричну енергію, зроблено огляд вітчизняної літератури.

Так вченими КПІ ім. Ігоря Сікорського Ю.А. Веремійчуком, М.П. Панасюком, А.І. Замулком було запропоновано використання маркетингових підходів до формування груп споживачів на роздрібному ринку електричної енергії. В дослідженні були враховані технічні, економічні, соціальні, комунікативні та екологічні фактори, як одного з чинників в управлінні споживанням електричної енергії. Даний розподіл споживачів за групами дасть змогу підвищити точність прогнозування рівня та характеру попиту на електричну енергію та потужність, робити більш адекватне прогнозування рівня та характеру сплати споживачів, підвищити ефективність управлінських рішень з управління попитом на електричну енергію, враховувати специфікацію споживачів різних груп при формуванні диференційованої цільової та кредитної політики та інше [2].

М.М. Кулик, О.Є. Маляренко, Н.Ю. Майстренко, В.В. Станиціна, А.І. Спітковський у своїй статті «Застосування методу комплексного прогнозування для визначення перспективного попиту на енергетичні ресурси» провели дослідження і визначили особливості прогнозування попиту на всі види палива та енергію із застосуванням нормативно-цільового та комплексного методів прогнозування рівнів споживання палива та електричної енергії на основі комплексного методу та удосконалено методику обчислення прогнозних рівнів споживання на основі нормативно-

цільового методу, яка відрізняється від попередніх підходів тим, що на рівні країни зміни обсягів споживання палива та електроенергії досліджуються не за рахунок зміни внутрішнього валового продукту, а за зміною обсягів валової доданої вартості за видом економічної діяльності разом, при виключенні обсягів податків на продукти та субсидій з цього розрахунку, як таких, що не мають власного споживання енергоресурсів, та обсягів споживання палива та електроенергії населенням, яке також не створює валової доданої вартості [3].

Дослідником Інституту загальної енергетики НАН України в місті Києві Д. П. Сасом у статті «Прогнозування попиту на електричну енергію за допомогою методу Up-Down» було розглянуто прогнозування попиту на електричну енергію за допомогою методу Up-Down. Також було описано розрахунок попиту на електроенергію до 2030 року, який було проведено за допомогою цього методу [4].

У методі Up-Down основним є побудова схеми прогнозування. Для виявлення залежностей використовують екстраполяційні моделі, суть яких полягає у вивченні сталих тенденцій розвитку об'єкта прогнозу, що були складені у минулому та теперішньому часі, і переносі їх на майбутній час. За допомогою методу Up-Down прогнозування попиту на електричну енергію відбувається на верхньому макrorівні Up та на нижньому секторальному рівні Down. На верхньому макrorівні розробляється прогноз загальної електроємності Валового внутрішнього продукту (ВВП) шляхом апроксимації і екстраполяції функції електроємності ВВП. Дана функція побудована на основі ретроспективних даних. Для загального ВВП країни будується екстраполяційна функція на задану перспективу. На секторальному Down прогнозування попиту на електричну енергію передбачає розробку прогнозів обсягів виробництва та електроємності для окремих секторів національної економіки. Шляхом апроксимації будується функція електроємності ВВП конкретного сектору на основі ретроспективних даних щодо споживання електричної енергії. Потім

отримуємо значення електроємності ВВП для шуканого року шляхом екстраполяції. Аналогічно розробляється прогноз секторального ВВП. В кінці сумуємо розраховані для секторального рівня значення попиту на електричну енергію і отримаємо значення загальної потреби у електроенергії для рівня Down [4].

Отже, у даній статті було показано, що на рівні Up доцільно розглядати макрорівень економіки країни в цілому, а на рівні Down – секторальний поділ національної економіки. Також в даній статті було зроблено висновок про те, що метод Up-Down доцільно використовувати у тих випадках, коли довжина ретроспективного періоду приблизно співпадає з довжиною прогнозного періоду [4].

У статті «Економічні механізми управління попитом на ринку електроенергії» вчені В. Лір та О. Биконя поставили за мету пошук можливостей використання управління попитом на електричну енергію для забезпечення сталого розвитку енергозабезпечення на основі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. На їхню думку в кодексі комерційного обліку електричних мереж необхідно передбачити необхідність створення нової системи комерційного обліку [5].

З метою створення можливостей повноцінного впровадження різних методів управління та прогнозування попитом на електричну енергію повинні бути застосовані технології «інтелектуальних електромереж» та «інтелектуального обліку». В інституційній сфері необхідно змінити принципи управління в енергетичному секторі державі. А також запровадити нові форми взаємодії постачальників та споживачів енергії. Вони повинні забезпечувати рух за для створення конкретних форм енергозберігаючих технологій. В частині інституціонального середовища необхідно запропонувати всім суб'єктам ринку наукову концепцію, яка стала б складовою національної ідеї створення та впровадження інтелектуальних енергосистем, свого роду національну доктрину побудови суспільства енергозберігаючого типу економічного розвитку. Виникає необхідність

формування стійкої суспільної свідомості та відповідальності уряду, установ, організацій, суспільства в цілому в новому режимі використання енергоресурсів. Також дослідження вчених показують, що еластичність споживання електроенергії за доходами є більшою, ніж цінова еластичність. Для України у сучасних умовах це означає, що в разі перевищення сукупної частки витрат на електроенергію та інші комунальні послуги понад 20% від сукупних доходів домогосподарств рівень сплати починає стрімко падати, що призводить до кризи неплатежів на всьому ланцюгу системи енергозабезпечення [5].

Багатоставкові зонні тарифи в системі управління попитом на електроенергію були досліджені І. М. Сотником, Ю. М. Завдов'євою, О.І. Завдов'євим. У своїй статті вчені обґрунтували актуальність та переваги застосування багатоставкових зонних тарифів як важливої складової програм управління попитом на електроенергію. Метою даної статті є проведення аналізу ефективності застосування багатоставкових зонних тарифів у системі управління попитом на електричну енергію в Україні як дієвого економічного інструменту раціоналізації енергоспоживання. З проведеного дослідження було встановлено, що за існуючої системи багатозонних тарифів в Україні єдині тарифи найбільше підходять для підприємств невиробничої сфери з однозмінним режимом роботи [6].

В. Ф. Находов, Т. В. Яроцька, А. О. Горбоненко запропонували методологію аналізу достатності впливу диференційованих за часом тарифів на режими споживання електроенергії та потужності в ОЕС України та описали алгоритм визначення основних напрямків їх подальшого корегування і модифікації. Провівши аналіз даної проблеми у статті «Методологія аналізу та корегування впливу диференційованих тарифів на конфігурацію графіків навантаження енергосистеми України» було зроблено висновок, що діючі в Україні диференційовані за періодами часу тарифи на електроенергію потребують якнайскорішого удосконалення і подальшого розвитку. Також було визначено, що аналіз суттєвості впливу

«диференційованих» тарифів на конфігурацію графіка навантаження енергосистеми можна здійснювати шляхом визначення відповідних коефіцієнтів впливу або застосування статистичного критерію Фішера. Також було зроблено висновок, що коригування меж та тривалості встановлених зон доби потрібно здійснювати за результатами аналізу достатності впливу «дифтарифних» споживачів на нерівномірність графіка навантаження енергосистеми протягом доби, а також на підставі оптимізації впливу «дифтарифних» споживачів на нерівномірність навантаження енергосистеми [1].

Кулик М.М., Майстренко Н.Ю., Маляренко О.Є. розробили метод двоетапного прогнозування попиту на енергетичні ресурси на прикладі первинних енергоресурсів та електроенергії на нижньому та верхньому рівнях країни. Запропонували аналітичні рішення щоб розрахувати прогнози верхнього та нижнього рівнів. Визначили прогнозний попит на енергоресурси TOP- та DOWN-рівнів нормативним методом. У статті «Двоетапний метод прогнозування перспективного попиту на енергетичні ресурси» були зроблені висновки, що двоетапний метод прогнозування може бути застосований для визначення показників широкого класу структур у майбутньому. Також було досліджено, що застосування нормативного методу для прогнозування попиту на первинні енергоресурси та електроенергію в Україні на період до 2030 року надає розбіжність у показниках верхнього та секторального рівнів. Двоетапний метод прогнозування забезпечує високий ступінь співпадіння показників попиту на первинні енергоресурси та електроенергію TOP-та DOWN-рівнів на всіх етапах прогнозного періоду до 2030 року [7].

У науковій роботі «Методи узгодження прогнозних рішень» дослідник М. М. Кулик розробив нові математичні моделі та аналітичні методи для визначення показників прогнозного розвитку на макрорівні та на рівні секторів. Віднайшов найкращі прогнози, що мінімізують суму квадратів нев'язок на множині можливих рішень. Навів приклад узгодження прогнозів

попиту на електричну енергію в Україні на рівні 2030 року. У статті досліджено, що відповідно до методу із персональним представленням кожного сектору в моделі відносно зростання секторальних обсягів споживання є максимальним для секторів з мінімальним попитом і мінімальним для секторів з максимальним споживанням. А внаслідок використання методу з агрегування секторів відносно зростання попиту є однаковим для усіх секторів [8].

1.2 Огляд зарубіжної літератури з методології прогнозування попиту на електричну енергію.

Для того щоб обґрунтувати актуальність проблематики прогнозування динаміки попиту на електричну енергію, також зроблено огляд зарубіжної літератури.

Так Henrik Klinge Jacobsen у науковій праці «Integrating the bottom-up and top-down approach to energy economy modelling: the case of Denmark» представив результати інтеграційного проекту, що охоплює данські моделі на основі підходу моделювання економіки «bottom-up» та «top-down». Мета даного проекту полягала у визначенні теоретичних та методологічних проблем для інтеграції існуючих моделей для Данії. Дане дослідження показало, що модель інтеграції можлива, коли більшість характеристик та можливостей моделей «bottom-up» та «top-down» є включеними. Було визначено найважливіші зв'язки між сектором енергопостачання і макроекономікою [9].

Іноземні дослідники Peter Wanke та Eduardo Saliby у статті «TOP-DOWN OR BOTTOM-UP FORECASTING?» представили аналітичні результати для дисперсії помилок прогнозування продажів, які було отримано обома методами. За допомогою методу експоненціального згладжування було виявлено два додаткових впливи на помилку прогнозування. В обох методах більші значення постійної згладжування та часу очікування збільшували дисперсію помилок на однакову суму [10].

Bart Smets дослідив, як концепції теорії ігор та інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) можуть допомогти вирішити проблеми з управління попитом. Це є важливою концепцією ‘Smart grid’ в майбутньому. Ним була зроблена повна розробка за допомогою таблиці виплат для простого прикладу та показано, що для більш складних прикладів цей спосіб є надто складним. В якості альтернативи були введені найкращі алгоритми відповідності. На підставі літератури було досліджено кілька алгоритмів. Проте зауваження, викладені у статті «Investigation on Demand Side Management Techniques in the Smart Grid using Game Theory and ICT Concepts», показують, що все ще є величезним викликом для моделювання чесної гри, що дозволяє оцінити переваги використання енергії разом із супутнім алгоритмом, який гарантовано збігається з (унікальною) рівновагою, бажано з найменшим можливим коефіцієнтом "під до середнього значення" та найменшою можливістю витрат енергії [11].

1.3. Методологія теорії ігор

Теорія ігор є основою математичних моделей, що допомагає приймати стратегічні рішення. З 1950-х років вона використовується в економіці, в області комп'ютерних наук та інших дисциплінах. Проблеми управління попитом часто можна розглядати як ігри. Ці ігри потім розглядаються з відомими підходами з теорії ігор [11].

Прогнозування попиту на електричну енергію можна описати та імітувати за допомогою понять з теорії ігор.

Припустимо, що в найближчому майбутньому будівлі будуть оснащені розумними лічильниками та розумними приладами. Розумний лічильник встановлює зв'язок з цими пристроями. Розумний лічильник здатен отримувати інформацію від смарт-пристроїв про споживання енергії, графік споживання і т. д. Крім того, він може планувати роботу цих пристроїв. Якщо будівля буде постачати енергію (наприклад, від сонячних батарей на даху або

від акумулятора електричного автомобіля), розумний лічильник зв'язується з цими джерелами енергії [11].

Розумний лічильник також зв'язується з мережею. Він отримує поточну інформацію про ціни та прогнози цін з мережі та може надсилати очікувані дані про енергоспоживання та вироблення енергії. Таким чином, розумний лічильник фактично є проміжною ланкою між мережею та будівлею [11].

Розумні, вимірювальні прилади, які вирішують, купувати енергію в певний момент чи ні, з урахуванням очікувань власника будинку, насправді грають в некооперативну гру. Рішення розумного лічильника базується на ціні на енергію, тоді як ціна на енергію залежить від того, що вирішують інші розумні лічильники [11].

Гра визначається як ситуація з трьома компонентами:

- набір гравців;
- для кожного гравця набір можливих стратегій $(S_i)_{i \in N}$;
- для кожного гравця функція корисності $(u_i)_{i \in N}$ [11].

Оскільки кожен користувач намагається оптимізувати свою функцію корисності, це може вплинути на функцію корисності інших користувачів, можливо, викликаючи ланцюг подій. У найгіршому випадку цей ланцюжок подій нескінченний. Бажано, за обмежену кількість кроків досягнути стан, в якому всі користувачі оптимізували свою функцію корисності та вирішили не вживати жодних подальших дій. Цей стан називається Рівновага Неша і визначається наступним чином:

Рівновага гри Неша – це вектор таких стратегій $\vec{s}^* \in S_i$, що для кожного i -го гравця:

$$u_i(s_i^*, \vec{s}_i^*) \geq u_i(s_i, \vec{s}_i^*) \quad (1.1)$$

Рівновага Неша це стабільна ситуація, в якій ніякий з гравців в односторонньому порядку не може поліпшити свою корисність, враховуючи, що дії всіх інших фіксовані [12].

Передбачається, що (на підставі історичних даних роботи домогосподарств) кожен розумний лічильник знає енергетичні потреби домашнього господарства на наступний день. Розумні лічильники спробують запланувати змінні пристрої таким чином, щоб витрати на енергію домогосподарства були мінімізовані. Це завдання для управління попитом називається проблемою планування завантаження. Математична модель, заснована на теорії ігор, що представляє цю задачу планування навантаження:

- набір гравців N , за визначенням гри, в цьому випадку є набором домогосподарств;
- функція корисності $(u_i)_{i \in N}$ – у цьому випадку вартість електроенергії гравця i ;
- набір можливих стратегій $(s_i)_{i \in N}$ для гравця i – це його профіль використання енергії протягом день [13];

Набір можливих стратегій $(S_i)_{i \in N}$ для гравця i беручи до уваги обмеження і позначається як:

$$(S_i)_{i \in N} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{s}_i \triangleq [s_i^1, s_i^2, \dots, s_i^{24}] = \left[\sum_{a \in A_i} x_{i,a}^1, \sum_{a \in A_i} x_{i,a}^2, \dots, \sum_{a \in A_i} x_{i,a}^{24} \right] = \sum_{a \in A_i} \vec{x}_{i,a} \\ x_{i,a}^h = 0, \forall h \notin \{\alpha_{i,a}, \dots, \beta_{i,a}\} \\ \gamma_{i,a}^{\min} < x_{i,a}^h < \gamma_{i,a}^{\max}, \forall h \in \{\alpha_{i,a}, \dots, \beta_{i,a}\} \\ \sum_{h=\alpha_{i,a}}^{\beta_{i,a}} x_{i,a}^h = E_{i,a} \end{array} \right\} \quad (1.2)$$

Функція корисності $(u_i)_{i \in N}$, це вартість електроенергії гравця i . Гра G для кожного гравця, щоб мінімізувати цю загальну вартість енергії. Підставляємо, тоді гру можна сформулювати як:

$$G: \min_{\vec{s}_i} u_i(\vec{s}_i, \vec{s}_{-i}) = \sum_{h=1}^{24} (p^h \cdot \sum_{a \in A_i} x_{i,a}^h) = \sum_{h=1}^{24} (f(\sum_{i \in N} \sum_{a \in A_i} x_{i,a}^h) \cdot \sum_{a \in A_i} x_{i,a}^h), \forall i \in N \quad (1.3)$$

Найбільш розповсюдженим способом вирішення цієї гри є складання списку всіх можливих профілів навантаження для кожного гравця і складання суми для будь-якої комбінації цих профілів навантаження. Це дозволяє розраховувати погодинні ціни, і загальні витрати на енергію для кожного гравця для кожної комбінації можливих профілів навантаження. Цю інформацію можна ввести у таблицю виплат, щоб шукати одну або декілька рівноваг Неша. Швидший спосіб вирішити гру, це використовувати алгоритм, який крок за кроком еволюціонує до рівноваги Неша [11].

Алгоритми, які можна застосувати для вирішення цієї гри:

- алгоритм для 2 гравців;
- алгоритм для N гравців;
- алгоритм на основі принципів узагальнених ординальних потенційних ігор;
- алгоритм, що зосереджується на загальній вартості виробництва для електроенергетичної компанії;
- алгоритм при якому додається додатковий компонент [11].

1.4 Типові профілі навантаження

Відповідно до політики Міністерства енергетики та вугільної промисловості [14] зазначено, що в Україні збираються розробити типові профілі навантаження за для кращого прогнозування попиту на електричну

енергію для споживачів без інтелектуальних лічильників.

В багатьох розвинених країнах типові профілі електричного навантаження є стандартним інструментом, що використовується для розрахунку погодинного обсягу споживання електроенергії споживачами, які не обладнані інтелектуальними лічильниками з можливістю дистанційного зчитування інформації. В Україні такими споживачами виступають переважна більшість населення, комунально-побутовий сектор, сфера торгівлі, обслуговування, інших малих непобутових споживачів. Застосування цього стандартного інструменту в Україні дозволить підвищити точність прогнозування обсягу електроенергії, яку електропостачальникам необхідно буде закуповувати для покриття графіка навантаження приєднаних споживачів. Це повинно призвести до зниження небалансу електричної енергії, оптимізації заявок і платежів на всіх сегментах нового енергоринку і, як наслідок – до зменшення вартості електричної енергії для кінцевих споживачів. Таким чином, якісно сформовані профілі електричного навантаження дозволять електропостачальникам запропонувати побутовим і малим непобутовим споживачам довгостроковий тариф на електричну енергію за мінімальну ціну. Потенційно типові профілі дозволять визначити резерви керування попитом для окремих груп споживачів з метою оптимізації їх добового графіка електричного навантаження, що сприятиме підвищенню надійності і економічності режимів роботи енергосистеми в цілому. А також дасть можливість оцінити ефективність запровадження зонної моделі обліку електроенергії для різних категорій споживачів [14].

Як показують статистичні дані, навіть у поточних умовах запровадження двозонного обліку електричної енергії стимулює мешканців багатоповерхівок до перенесення частини навантаження на нічний час і дозволяє заощаджувати близько 10% коштів за спожиту електроенергію [14].

Профілювання навантаження також є одним із інструментів розрахунку технологічних втрат електроенергії в мережах системи розподілу,

визначення погодинних небалансів та адресного розділення відповідальності за них між електропостачальником і оператором системи розподілу[14].

Графічні приклади помісячних типових профілів електричного навантаження представлені на рисунку 1.1.

Типові профілі навантаження категорій споживачів дозволяють:

- здійснити електричні розрахунки в розподільчих електричних мережах;
- обчислити втрати електроенергії та напруги в елементах електричних мереж;
- обчислити максимальне навантаження трансформаторних підстанцій та їх резерв потужності;
- керувати режимами електропостачання та режимами роботи розподільних електричних мереж [14].

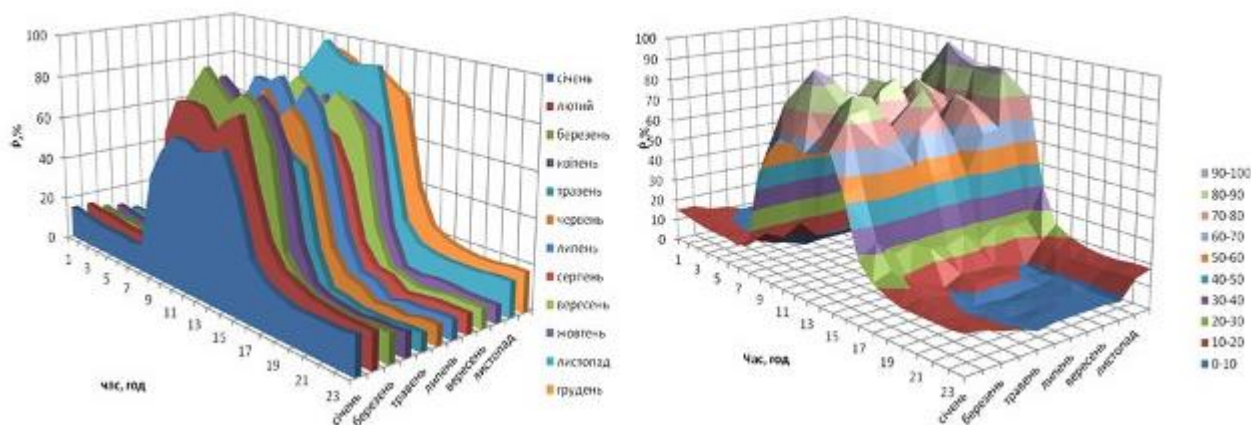


Рисунок 1.1 - Приклади помісячних типових профілів електричного навантаження [14]

Також на основі типових профілів навантаження можливо:

- формувати об’єктивну картину платежів за рік;
- керувати платежами з метою їх мінімізації;
- скорочувати витрати за рахунок вибору оптимального тарифу [14].

1.5 Аналіз нормативно-правової бази за тематикою попиту на електричну енергію для побутових споживачів

На сьогоднішній день ринок електричної енергії діє за моделлю єдиного покупця. Вся вироблена електроенергія продається виробниками в оптовий ринок електричної енергії України. Оптовий ринок електричної енергії України діє в особі державного підприємства "Енергоринок". Купують електричну енергію постачальники за регульованим (обленерго) і нерегульованим (незалежні постачальники) тарифами для подальшого постачання споживачам. Діючий ринок регулюється, по суті, в ручному режимі, коли ціни на генерацію, передачу та постачання встановлює Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (далі – Регулятор).

В Україні є актуальність змін у законодавчому середовищі внаслідок прийняттям закону «Про ринок електричної енергії». Саме з прийняттям даного закону розпочався процес лібералізації даного ринку. Нова модель електроенергетичного ринку, пропонована законом, передбачає створення різних сегментів ринку. Поява нових і, відповідно, незалежних постачальників забезпечить умови для формування різних тарифних пропозицій для споживачів, у тому числі залежно від характерного для них графіку навантаження (залежно від години доби). Тож споживач зможе вибрати собі постачальника за сприятливими для себе умовами. Цей процес є досить складним і може зайняти декілька років. Для реалізації поставленої мети необхідні значні правові, економічні, технічні та організаційні зміни [15].

Закон України «Про ринок електричної енергії» визначає правові, економічні та організаційні засади функціонування ринку електричної енергії, регулює відносини, пов'язані з виробництвом, передачею, розподілом, купівлею-продажем, постачанням електричної енергії для забезпечення надійного та безпечного постачання електричної енергії споживачам з урахуванням інтересів споживачів, розвитку ринкових

відносин, мінімізації витрат на постачання електричної енергії та мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище [15].

Функціонування ринку електричної енергії здійснюється на принципі забезпечення балансу між попитом та пропозицією електричної енергії. До повноважень Регулятора на ринку електричної енергії належать затвердження та моніторинг виконання плану розвитку системи передачі на наступні 10 років та планів розвитку систем розподілу, оцінки достатності генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту та забезпечення необхідного резерву [15].

Оператор системи передачі щороку повинен розробляти звіт з оцінки відповідності генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву з урахуванням вимог безпеки постачання. Звіт з оцінки відповідності генеруючих потужностей повинен охоплювати сценарну оцінку прогнозних балансів потужності та електроенергії ОЕС України на короткострокову, середньострокову та довгострокову перспективу з урахуванням, зокрема, структурних, економічних, ринкових, екологічних умов, заходів з управління попитом та енергоефективності, з дотриманням стандартів операційної безпеки. Такий звіт повинен включати:

- опис сценаріїв розвитку;
- методологію моделювання попиту/пропозиції на електричну енергію та роботи ОЕС України;
- аналіз основних тенденцій розвитку генеруючих потужностей та навантаження;
- оцінку ризиків ОЕС України у разі настання критичних умов з використанням відповідних критеріїв оцінки;
- результати розрахунків режимів роботи ОЕС України за найгіршими сценаріями та заходи із запобігання дефіциту генеруючої та передавальної потужності [15].

Центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та

реалізацію державної політики в електроенергетичному комплексі, спільно з Регулятором, оператором системи передачі та іншими відповідними установами повинні здійснювати моніторинг безпеки постачання електричної енергії в Україні. Такий моніторинг повинен охоплювати:

- баланс попиту та пропозиції на ринку електричної енергії;
- рівень очікуваного попиту на електричну енергію та передбачених додаткових генеруючих потужностей, запланованих або що будуються;
- якість та рівень технічного обслуговування електричних мереж;
- заходи щодо покриття максимального навантаження та недопущення дефіциту генеруючих потужностей [15].

Якщо для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію наявних генеруючих потужностей, у тому числі тих, що отримали право на будівництво, та заходів з управління попитом недостатньо, для забезпечення безпеки постачання електричної енергії застосовуються конкурсні процедури на будівництво генеруючої потужності та на виконання заходів з управління попитом, які, зокрема, включають заходи з будівництва нової генеруючої потужності, проведення реконструкції (модернізації) діючої генеруючої потужності, подовження строку експлуатації енергоблоків атомних електростанцій [15].

Також в Україні прийнята Постанова Національної комісії, що здійснює Державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг «Про затвердження Кодексу систем розподілу». Вона визначає вимоги та правила, які регулюють взаємовідносини оператора систем розподілу, Користувачів системи розподілу (далі - Користувачі) та замовників послуги з приєднання щодо оперативного та технологічного управління системою розподілу, її розвитку та експлуатації, забезпечення доступу та приєднання електроустановок [16].

План розвитку оператора системи розподілу корелюється зі схемою перспективного розвитку системи розподілу та формується з урахуванням

обґрунтованих прогнозів обсягів попиту на електричну енергію та потужність, впливу управління попитом, зменшення пікових навантажень і заходів зі скорочення витрат електроенергії в електричних мережах системи розподілу [16].

Якщо навантаження або обсяги відпуску електричної енергії в систему розподілу можуть спричинити суттєвий вплив на безпеку роботи системи розподілу, дані фактичного споживання/виробництва та попиту активної потужності та енергії мають містити:

- фактичні добові графіки споживання/виробництва активної потужності для доби максимального попиту та доби мінімального попиту в ОЕС України, дати яких визначаються оператори системи передачі;

- фактичні добові графіки споживання/виробництва активної потужності для доби максимального попиту та доби мінімального попиту кожного Користувача, дати яких визначаються Користувачем з урахуванням статистичних даних та/або умов виробництва [16].

Висновки до розділу 1

В даному розділі для обґрунтування актуальності проблематики попиту на електричну енергію для побутових споживачів:

1. Розглянуто наукові праці вітчизняних та зарубіжних дослідників за проблемою прогнозування динаміки попиту на електричну енергію. Визначено, що дана проблема прогнозування динаміки попиту на електричну енергію є актуальною не лише в Україні, а й у країнах Європи. На підставі проведеного аналізу можна зазначити, що існують різноманітні підходи до проблеми прогнозування динаміки попиту.

2. Розглянуто підхід зарубіжних вчених до прогнозування попиту на електричну енергію для побутових споживачів. Даний підхід базується на методології теорії ігор.

3. Розглянуто питання розробки в Україні типових профілів навантаження. Дані профілі допоможуть краще спрогнозувати попит на електричну енергію для споживачів без інтелектуальних лічильників.

4. Крім того є актуальним питанням зміни у законодавчому середовищі внаслідок прийняття Закону України «Про ринок електричної енергії» Проведено аналіз нормативно – правової бази України за тематикою попиту на електричну енергію для побутових споживачів. При проведенню аналізу було визначено, що електроенергетика сьогодні зазнає подальших ринкових трансформацій. В Україні з прийняттям закону «Про ринок електричної енергії» розпочався процес лібералізації даного ринку. Нова модель електроенергетичного ринку, пропонована законом, передбачає створення різних сегментів ринку. Поява нових і, відповідно, незалежних постачальників забезпечить умови для формування різних тарифних пропозицій для споживачів, у тому числі залежно від характерного для них графіку навантаження (залежно від години доби). Тож споживач зможе вибирати собі постачальника за сприятливими для себе умовами.

Отже, для більш точного аналізу проблематики прогнозування динаміки попиту на електричну енергію потрібно також застосувати загальнонаукові методи дослідження.

2 МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Порівняльний аналіз

Порівняльний аналіз це – сукупність логічних прийомів пізнання зовнішнього світу, що полягають у визначенні невідомого через його порівняння з відомим; з'ясування якостей (властивостей) явища за допомогою порівняння з іншими його якостями (властивостями) або якостями (властивостями) іншого явища. Сутністю порівняльного аналізу є виявлення спільних та відмінних рис (характеристик) якогось явища, досліджуваного процесу на різних етапах розвитку [17].

Таким чином порівняльний аналіз дає змогу встановити закономірності, вдаючись до порівняння стану дослідження об'єктів у різні часи, порівняння їх якостей у минулому з такими самими сучасними якостями для встановлення змін або тенденцій розвитку [17].

У проведеному дослідженні порівняльний аналіз використано для:

- порівняння ланцюгових та базисних показників відносних швидкостей зміни рівнів попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки;
- порівняння ланцюгових та базисних показників відносних швидкостей зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки.

2.2 Метод часових рядів

Часовим рядом називають послідовність значень статистичного показника (ознаки), впорядковану у хронологічному порядку. Застосовують також терміни "ряд динаміки", "динамічний ряд". В англomовній літературі використовують термін "time series". Окремі спостереження часового ряду називають його рівнями, або елементами. Кожний рівень ряду відповідає

певному моменту часу. Рівні ряду можуть набувати як детермінованих, так і випадкових значень. Порядок розташування рівнів є істотною характеристикою ряду і не може змінюватися довільно. Іноді кожному моменту часу приводять у відповідність декілька значень різних показників досліджуваного об'єкта. Тоді отримують багатовимірний часовий ряд [18].

Основними завданнями дослідження часових рядів є:

- відокремлення та опис основних характерних особливостей ряду;
- підбір статистичної моделі, що найкращим у певному розумінні способом відображає ряд;
- прогнозування майбутніх значень показників, що утворюють ряд, за попередніми спостереженнями;
- підготовка рекомендацій з управління процесом, що породжує досліджуваний часовий ряд [18].

Аналіз часових рядів, як правило, передбачає проведення таких основних етапів:

- графічне подання й попередній аналіз поведінки часового ряду;
- відокремлення і видалення закономірних складових ряду (тренду, сезонних та циклічних компонент);
- відокремлення і видалення низько- та високочастотних складових (фільтрація);
- дослідження випадкової складової часового ряду, що залишилася після видалення вищезазначених компонент;
- побудова і перевірка адекватності моделі випадкової складової;
- побудова загальної моделі досліджуваного ряду;
- дослідження отриманої моделі і прогнозування майбутньої поведінки об'єкта що вивчається;
- вивчення взаємодії між різними часовими рядами, що характеризують певну систему або процес [18].

У проведеному дослідженні метод часових рядів застосовано для:

- дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки;
- дослідження динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки.

2.3 Кореляційний аналіз

Кореляційний зв'язок – це узгоджена зміна двох ознак, котра відбиває те, що мінливість однієї ознаки перебуває у відповідності до мінливості іншої [19].

Кореляційний зв'язок – це ймовірнісні зміни, які можна вивчати лише з представницьких вибірок методами математичної статистики. Терміни «кореляційний зв'язок» і «кореляційна залежність» часто використовують як синоніми. Залежність передбачає вплив, зв'язок – будьякі узгоджені зміни, які можуть пояснюватися сотнями причин. Кореляційного зв'язку, що неспроможні розглядатися провісниками причинно-наслідкової залежності, воно свідчить лише у тому, що змін однієї ознаки зазвичай, супроводжують певні зміни щодо іншої [19].

Кореляційна залежність – це зміни, які вносять значення однієї ознаки у ймовірність прояви значень іншої ознаки [19].

Завдання кореляційного аналізу зводиться до встановлення напрямів (позитивний чи негативний) і форми (лінійна, нелінійна) зв'язку між ознаками, вимірюванню її тісноти і, зрештою до перевірки рівня значущості отриманих коефіцієнтів кореляції. Кореляційний аналіз – це статистичне дослідження залежності між випадковими величинами [19].

Головні завдання кореляційного аналізу:

- оцінка за вибірковими даними коефіцієнтів кореляції;
- перевірка значущості вибіркових коефіцієнтів кореляції або кореляційного відношення;
- оцінка близькості виявленого зв'язку до лінійного;

- побудова довірчого інтервалу для коефіцієнтів кореляції [20].

У проведеному дослідженні кореляційний аналіз застосовано для:

- визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та чисельністю наявного населення України;
- визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та тарифом на електричну енергію України.

2.4 Регресійний аналіз

Регресійний аналіз – це метод визначення відокремленого і спільного впливу факторів на результативну ознаку та кількісної оцінки цього впливу шляхом використання відповідних критеріїв. Він здійснюється на основі побудованого рівняння регресії й визначає внесок кожної незалежної змінної у варіацію досліджуваної (прогнозованої) залежної змінної величини. Рівняння регресії показує, як у середньому змінюється результативна ознака під впливом зміни факторних ознак [21].

Загальний вплив незалежних факторів на результуючий показник визначається за допомогою коефіцієнта множинної кореляції. Цей коефіцієнт знаходиться у проміжку між 0 і 1. Чим більший вплив факторів, тим більше коефіцієнт множинної кореляції наближається до 1 [21].

Залежно від кількості змінних величин виділяють різні види регресійного аналізу. Якщо змінна величина завжди одна, то змінних може бути як одна, так і декілька. Виходячи з цього, виділяють два види регресійного аналізу: парний (простий) регресійний аналіз і регресійний аналіз на основі множинної регресії, або багатofакторний [21].

Парний регресійний аналіз – вид регресійного аналізу, що включає у себе розгляд однієї незалежної змінної величини, а багатofакторний – відповідно дві величини і більше [21].

У проведеному дослідженні регресійний аналіз застосовано для

розробки сценарію поведінки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України у 2026 році.

2.5 Сценарний аналіз

Прийняття рішень щодо майбутньої поведінки складних систем з людським фактором має певні особливості. До даних систем відноситься і поведінка споживачів електроенергії. Перш за все, ці системи можуть бути піддані зовнішнім впливам та обмеженням різного типу. Системи, пов'язані з людським фактором містять підсистеми різної природи зі складними взаємозв'язками кількісного та якісного характеру. Функціонування відбувається згідно з поставленими цілями, що у більшості випадків конфліктують між собою [22].

В системах, де присутній людський фактор характерні суттєві невизначеності даних та інформації, їхній поведінці властиві ризики. Експертні оцінки щодо їхніх якісних характеристик завжди мають суб'єктивний характер. Щодо поведінки таких систем у майбутньому потрібно приймати конкретні рішення у вигляді сценаріїв і стратегій їхнього розвитку [22].

Розглянемо деякі методи, які можна використовувати для виконання комплексу робіт з технологічного передбачення, але зазначимо, що жоден з них сам по собі не розв'язує цієї проблеми. Ці методи можна розглядати як складові системної методології, яка визначає послідовність їх використання, взаємозв'язки між ними і, в цілому, формує процес технологічного передбачення [22].

Методи якісного аналізу в комплексі робіт з технологічного передбачення застосовують на чотирьох різних етапах:

- попереднє вивчення проблеми;
- якісний аналіз проблеми;
- написання сценаріїв;

- оцінка реалістичності сценаріїв [22].

На етапі попереднього вивчення проблеми аналізують її характерні особливості, визначають напрями досліджень, формують найважливіші критерії для обраної проблеми [22].

Метод сканування використовують при першому «осмисленні» проблеми, що виникла, в широкому діапазоні (фокусі) ідей та підходів, які можуть застосовуватися для її вирішення. Як правило, цей метод застосовують для попереднього вивчення нових проблем, щодо яких відсутній досвід практичного вирішення [22].

Метод мозкового штурму призначений для глибокого та інтенсивного дослідження проблеми у вузьких напрямках, діапазонах чи фокусах ідей та підходів. Спочатку визначають вузькі напрямки, наприклад, шляхом кластеризації із застосуванням методу сканування [22].

Відібрані та задокументовані ідеї і підходи до вирішення сформульованої проблеми далі використовують для підготовки рішень на наступних етапах передбачення [22].

На етапі якісного аналізу проблеми застосовують іншу групу методів. Метод Делфі, у вітчизняній літературі цей метод відомий під назвою метод експертних оцінок. З цією метою на першому етапі розробляють так звані опитувальні форми. Їх використовують для збирання раціональних оцінок значень досліджуваних характеристик, запропонованих експертами. Опитувальні форми містять низку запитань, що передбачають відповіді за наперед визначеною формою, щоб кількісно оцінити значення певних змінних чи характеристик і після цього «синтезувати» висновки експертів [22].

Метод перехресного впливу. Цей метод на першому етапі його застосування також ґрунтується на використанні висновків експертів щодо подій, які могли б охарактеризувати майбутнє на певному відрізку часу [22].

Наприклад, якщо потрібно передбачити розвиток певної галузі індустрії, насамперед слід визначити, які важливі події майбутнього найповніше відображатимуть сценарії розвитку даного сектора

промисловості. В даному методі будується так звана матриця перехресного впливу. Ця матриця визначає взаємний вплив подій [22].

Метод Сааті. На відміну від інших методів, використовуваних у цій сфері знань, в основу методу покладено умову «фокусування» або «сходження» до чогось єдиного стосовно висновків експертів і дій багатьох виконавців складного процесу, що передбачається. Тобто у цьому випадку метод ґрунтується на «причинній» перспективі процесів, що є основою для розроблення сценаріїв майбутнього. Для цього при побудові моделі, призначеної для розрахунку імовірностей виникнення кожного можливого сценарію в майбутньому, застосовують так звані «ієрархічні мережі» [22].

Метод морфологічного аналізу базується на системному підході і з цього погляду потребує ідентифікації так званих характеристичних параметрів для систем, які піддаються вивченню. Після задання набору характеристичних параметрів необхідно визначитися із множинами значень кожного з них або з так званими можливими морфологічними просторами [22].

Із можливого морфологічного простору створюваної системи, виділяється так званий морфологічний простір реального досягнення, у якому розв'язками залишаються лише елементи, яких можна реально досягти [22].

Після виконання етапу якісного аналізу проблеми виробляють якісні оцінки або попередні сценарії, які використовують на наступному етапі передбачення, що полягає у написанні узагальнених сценаріїв [22].

Метод написання сценаріїв може бути представлений послідовністю таких кроків:

- встановити попередню мету створення сценарію;
- скласти широку програму досліджень;
- зробити припущення, необхідні для побудови сценарію;
- побудувати схему альтернативних подій;
- написати сценарії;
- проаналізувати сценарії;
- побудувати політику поведінки;

- розробити альтернативні стратегії поведінки;
- оцінити розроблені альтернативні стратегії [22].

Після написання сценаріїв й оціненуя їх реалістичності наступним важливим етапом передбачення є представлення цих сценаріїв. Це всебічний їх аналіз та обговорення, в результаті чого для кожного з них встановлюють певний рівень довіри [22].

Сценарії, які залишилися після відкидання тих, що викликали повну недовіру, далі ще раз оцінюють з точки зору їх реалістичності, застосовуючи методи розрахунку умовних імовірностей подій [22].

Метод моделей Байєса, на відміну від попередніх, меншою мірою спрямований на передбачення можливих сценаріїв майбутнього. Його сутність полягає в тому, щоб у групі сценаріїв визначити, наскільки реальним є кожний з них. Тобто метод можна розглядати як інструмент для підтримки прийняття рішень, що дозволить реально та як найточніше зорієнтувати дослідників з технологічного передбачення щодо можливих сценаріїв майбутнього [22].

Для візуалізації тенденцій, пов'язаних з кожним із можливих сценаріїв майбутнього, доцільно отримані результати відобразити графічно. Коли експерти проаналізують ці результати, зробити остаточні висновки щодо того, які з досліджуваних сценаріїв є реальними [22].

Даний метод застосовано для розробки сценарію поведінки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України у 2026 році.

2.6 SWOT-аналіз

Аналіз зовнішнього середовища включає розгляд зовнішніх елементів. Важливий напрямок аналізу зовнішнього середовища – виявлення та розуміння існуючих і потенційних можливостей і загроз, з якими стикається компанія чи об'єкт дослідження [23].

SWOT-аналіз – метод стратегічного планування, що полягає у виявленні факторів внутрішнього і зовнішнього середовища організації і поділі їх на чотири категорії:

- Strengths (сильні сторони),
- Weaknesses (слабкі сторони),
- Opportunities (можливості),
- Threats (загрози) [23].

Сильні (S) і слабкі (W) сторони є факторами внутрішнього середовища об'єкта аналізу, (тобто тим, на що сам об'єкт здатний вплинути); можливості (O) і загрози (T) є факторами зовнішнього середовища (тобто тим, що може вплинути на об'єкт ззовні і при цьому не контролюється об'єктом) [23].

Переваги методу: простота і можливість витратити невеликі кошти на його проведення, гнучкість і наявність безлічі варіантів, спільне вивчення зовнішніх та внутрішніх факторів, а також те, що він може розглядатися стосовно як усього підприємства, так і його структурних підрозділів чи у розрізі окремих видів продукції [23].

До недоліків можна віднести неможливість врахування всіх сил і слабкостей, можливостей і загроз [23].

Даний метод дослідження використано при розробці стартап - проекту.

Висновки до розділу 2

В даному розділі розглянуто загальнонаукові методи дослідження, які використано при подальшому дослідженні:

– порівняльний аналіз використано для порівняння ланцюгових та базисних показників відносних швидкостей зміни рівнів попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки та порівняння ланцюгових та базисних показників відносних швидкостей зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки;

- метод часових рядів застосовано для дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки та дослідження динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки;
- кореляційний аналіз застосовано для визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та чисельністю наявного населення України та визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та тарифом на електричну енергію України;
- регресійний та сценарний аналізи застосовано для розробки сценарію поведінки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України у 2026 році;
- SWOT-аналіз проведений для аналізу стартап проекту, базованого на результатах дослідження.

Таким чином на підставі даного розділу визначено всі методи, необхідні для проведення аналізу та виконання дослідження, наведеного в наступних розділах.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПОПИТУ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ ДЛЯ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

В даному розділі створено статистичну базу даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами по країнам Європейського Союзу та України та досліджено динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки.

3.1 Створення статистичної бази даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами по країнам Європейського Союзу та України

Для створення статистичної бази даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами по країнам ЄС та України було обрано статистичну інформацію, яка є представлена Європейським статистичним управлінням Eurostat [24].

За 10-річний період з 2006 по 2016 роки споживання електричної енергії домашніми господарствами скоротилося в країнах ЄС на 0,7% [24]. Це можна побачити з графіку споживання електричної енергії домогосподарствами країн ЄС за 2006 - 2016 рік, який представлено на рисунку 3.1.

Для дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів обрано статистичну інформацію з джерела [24]. Для створення статистичної бази даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами обрана статистична інформація про споживання електричної енергії домогосподарствами Бельгії, України та Норвегії за 2007-2016 роки. Створена статистична база даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки представлена у таблиці 3.1.

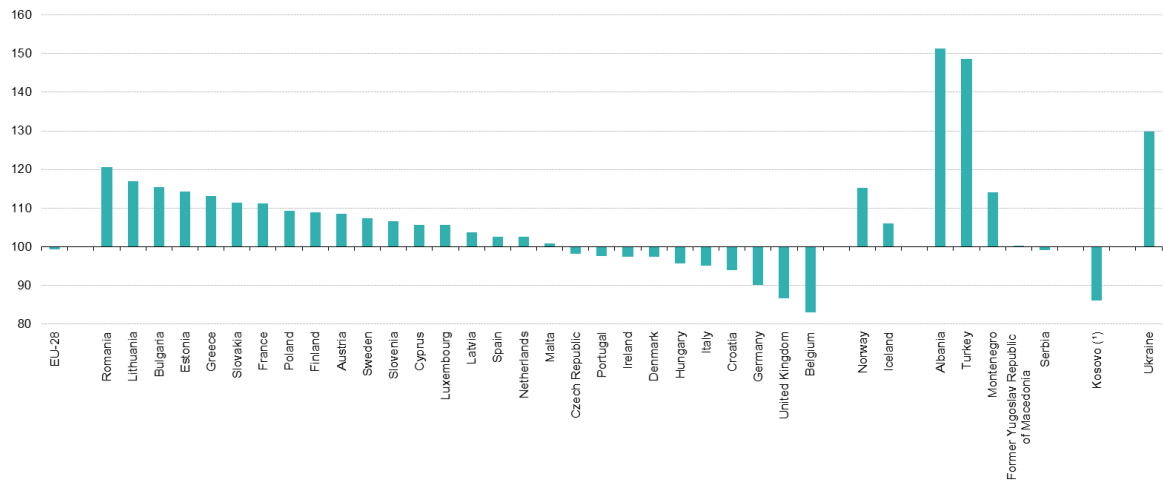


Рисунок 3.1 – Графік споживання електричної енергії домогосподарствами країн ЄС за 2006 - 2016 рік [24]

Таблиця 3.1 – Статистична база даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки [24]

Рік	Обсяги споживання електричної енергії домогосподарствами, ГВт·год		
	Бельгія	Норвегія	Україна
2007	82 915	110 650	133 929
2008	82 810	112 021	135 025
2009	77 334	107 333	119 309
2010	83 361	113 428	134 135
2011	80 112	107 859	139 800
2012	81 164	110 564	137 668
2013	82 731	111 280	137 531
2014	80 787	108 840	133 787
2015	81 715	111 404	124 822
2016	81 725	113 709	123 693

3.2 Дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за лінією тренду

Виходячи з припущення, що обсяги споживання електричної енергії дорівнюють обсягам попиту на електричну енергію побудуємо графік динаміки попиту на електричну енергію домогосподарств Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки, використавши створену статистичну базу даних зі споживання електричної енергії домогосподарствами цих країн за 2007-2016 роки. Графік динаміки попиту на електричну енергію домогосподарств Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки представлено його на рисунку 3.2.

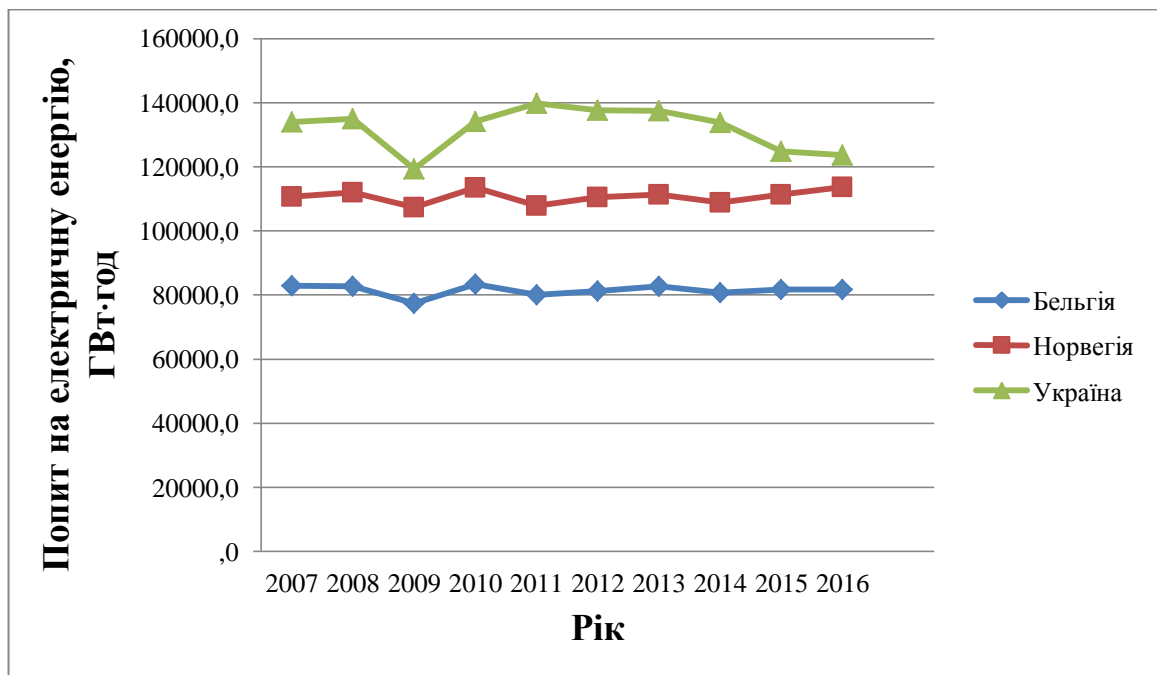


Рисунок 3.2 – Графік динаміки попиту на електричну енергію домогосподарств Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки

Якщо переглянути дані щодо попиту на електричну енергію, то можемо сказати, що серед трьох досліджуваних країн найбільше електричної енергії, використаної за 2007-2016 роки, споживається домогосподарствами України. Тому саме для України є актуальним питанням зменшення споживання електричної енергії домогосподарствами, адже вони є суттєвими

споживачами у ОЕС України. Попит на електричну енергію в Україні є нерівномірним. Спостерігаємо провал у споживанні електричної енергії в Україні у 2009 році, що зумовлено фінансово-економічною кризою у 2008-2009 роках. З 2014 року спостерігаємо різкий спад у попиті на електричну енергію в Україні. Це спричинено відключенням Донбаської та Луганської областей від ОЕС України через Антитерористичну операцію на сході країни. Попит на електричну енергію в Бельгії і Норвегії є стабільним і немає виражених піків чи провалів. На коливання попиту на електричну енергію домогосподарствами в Бельгії, Норвегії та Україні у 2007-2016 роках також можуть вплинути такі фактори як середня кількість людей, що проживають у кожному домогосподарстві та загальна кількість домогосподарств. Ці обидва фактори пов'язані з демографічними подіями. Також можуть мати вплив такі фактори як використання електричних побутових приладів та енергозберігаючих приладів домогосподарствами.

Також динаміку попиту електричної енергії домогосподарств можна представити у вигляді рівняння:

$$\hat{y} = f(t), \quad (3.1)$$

де \hat{y} – прогнозований попит на електричну енергію;

t – рік.

Рівняння 3.1 – це функція, яку ще називають трендом. лінія тренду характеризує плавну у часі зміну явищ, викликаних різними обставинами короточасних відхилень від загальної тенденції [25, с.125]. За допомогою такої функції здійснюється вирівнювання динамічного ряду, прогнозується подальший розвиток процесу [26].

На основі лінійного рівняння 3.1 можна побудувати лінії тренду для попиту на електричну енергію домогосподарств Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки. Побудову ліній тренду виконано у програмному середовищі MS Excel.

Оскільки коефіцієнти детермінації є достатньо низькими, то не можна спрогнозувати та оцінити динаміку попиту на електричну енергію для домогосподарств на майбутнє за лінією тренду.

3.3 Дослідження динаміки попиту на електричну енергію за методом часових рядів

Аналіз часових рядів виконується завдяки значень показників визначених в два способи. Перший з них визначається відносно базисного (початкового) рівня, а другий спосіб визначення показників відносно попереднього рівня (ряду).

3.3.1 Визначення ланцюгових показників попиту на електричну енергію побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України

Для побудови ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за допомогою методу часових рядів із визначенням ланцюгових показників використано статистичну базу даних, яка представлена у таблиці 3.1.

Для визначення абсолютної швидкості зміни рівнів ряду динаміки розраховано ланцюговий абсолютний приріст $\Delta_t^л$ (ГВт·год) поточного t -го рівня ряду динаміки y_t [27]:

$$\Delta_t^л = y_t - y_{t-1}. \quad (3.2)$$

Відносна швидкість зміни рівнів характеризується ланцюговим коефіцієнтом зростання $k_t^л$ [27]:

$$k_t^л = \frac{y_t}{y_{t-1}} = \frac{\Delta_t^л}{y_{t-1}} + 1. \quad (3.3)$$

Інтенсивність змін рівнів обсягів попиту на електричну енергію визначається значеннями ланцюгового темпу приросту $T_{\text{пр}t}^{\text{л}}$ [27]:

$$T_{\text{пр}t}^{\text{л}} = \frac{\Delta_t^{\text{л}}}{y_{t-1}} = k_t^{\text{л}} - 1. \quad (3.4)$$

Якщо швидкість розвитку в межах завданого періоду є неоднаковою, тоді необхідно розрахувати абсолютне $\delta_{\text{абс}}$ (ГВт·год) та відносне $\delta_{\text{від}}$ прискорення або уповільнення динаміки [27]:

$$\delta_{\text{абс}} = \Delta_t^{\text{л}} - \Delta_{t-1}^{\text{л}}, \quad (3.5)$$

$$\delta_{\text{від}} = T_{\text{пр}t}^{\text{л}} - T_{\text{пр}t-1}^{\text{л}}. \quad (3.6)$$

Результати розрахунків абсолютних і відносних показників ряду динаміки сукупного обсягу попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки, одержаних за формулами (3.2) - (3.6), наведено у таблицях 3.2 – 3.4.

Як можна побачити, впродовж всього періоду обсяги попиту на електричну енергію у Бельгії є нерівномірними і сягають максимального значення у 2010 році. Значення абсолютного приросту є додатними і від’ємними (3.2). Це означає, що присутні абсолютні швидкість та уповільнення зміни рівнів ряду динаміки за рік. Відповідно до показника відносної швидкості зміни рівня (3.3) для всіх років, окрім 2016 року, спостерігається зміна рівнів ряду, оскільки ланцюговий коефіцієнт зростання $k_t^{\text{л}} \neq 1$. Однак, зміни відбуваються відносно рівномірно. Причому порівняння значень $\Delta_t^{\text{л}}$ і $k_t^{\text{л}}$ для однакових років показує, що уповільнення відносної швидкості зміни рівня за деякими роками завжди супроводжується зменшенням абсолютних приростів. Максимальна інтенсивність змін рівня обсягів попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії

припадає на 2010 рік – $T_{\text{пр}t}^{\text{л}} = 0,078$, а 2009 р. характеризується мінімальною інтенсивністю змін – $T_{\text{пр}t}^{\text{л}} = -0,066$. Показники $\delta_{\text{абс}}$ і $\delta_{\text{від}}$ показують коливання від додатного до від'ємного значення впродовж всього періоду: абсолютне та відносне прискорення динаміки спостерігається для 2010 р., 2012 р., 2013р, 2015р., а для всіх інших років ці показники є від'ємними, що свідчить про абсолютне і відносне уповільнення динаміки.

Таблиця 3.2 – Ланцюгові показники динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії за 2007-2016 роки

Рік	y_t ГВт·год	$\Delta_t^{\text{л}}$ ГВт·год	$k_t^{\text{л}}$	$T_{\text{пр}t}^{\text{л}}$	$\delta_{\text{абс}}$ ГВт·год	$\delta_{\text{від}}$
2007	82915	-	-	-	-	-
2008	82810	-105	0,999	-0,001	-	-
2009	77334	-5476	0,934	-0,066	-5371	-0,065
2010	83361	6027	1,078	0,078	11503	0,144
2011	80112	-3249	0,961	-0,039	-9276	-0,117
2012	81164	1052	1,013	0,013	4301	0,052
2013	82731	1567	1,019	0,019	515	0,006
2014	80787	-1944	0,977	-0,023	-3511	-0,043
2015	81715	928	1,011	0,011	2872	0,035
2016	81725	10	1,000	0,000	-918	-0,011

Як можна побачити, впродовж всього періоду обсяги попиту на електричну енергію у Норвегії є нерівномірними і сягають максимального значення у 2016 році. Значення абсолютного приросту є додатними і від'ємними (3.2). Це означає, що присутні абсолютні швидкість та уповільнення зміни рівнів ряду динаміки за рік. Відповідно до показника відносної швидкості зміни рівня (3.3) для всіх років спостерігається зміна рівнів ряду, оскільки ланцюговий коефіцієнт зростання $k_t^{\text{л}} \neq 1$. Однак, зміни

відбуваються відносно рівномірно. Причому порівняння значень Δ_t^L і k_t^L для однакових років показує, що уповільнення відносної швидкості зміни рівня за деякими роками завжди супроводжується зменшенням абсолютних приростів.

Таблиця 3.3 – Ланцюгові показники динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Норвегії за 2007-2016 роки

Рік	y_t ГВт·год	Δ_t^L ГВт·год	k_t^L	$T_{прt}^L$	$\delta_{абс}$ ГВт·год	$\delta_{від}$
2007	110650	-	-	-	-	-
2008	112021	1371	1,012	0,012	-	-
2009	107333	-4688	0,958	-0,042	-6059	-0,054
2010	113428	6095	1,057	0,057	10783	0,099
2011	107859	-5569	0,951	-0,049	-11664	-0,106
2012	110564	2705	1,025	0,025	8274	0,074
2013	111280	716	1,006	0,006	-1989	-0,019
2014	108840	-2440	0,978	-0,022	-3156	-0,028
2015	111404	2564	1,024	0,024	5004	0,045
2016	113709	2305	1,021	0,021	-259	-0,003

Максимальна інтенсивність змін рівня обсягів попиту на електричну енергію для побутових споживачів Норвегії припадає на 2010 рік - $T_{прt}^L = 0,057$, а 2011 р. характеризується мінімальною інтенсивністю змін - $T_{прt}^L = -0,049$. Показники $\delta_{абс}$ і $\delta_{від}$ показують коливання від додатного до від'ємного значення впродовж всього періоду: абсолютне та відносне прискорення динаміки спостерігається для 2010 р., 2012 р., 2015р., а для всіх інших років ці показники є від'ємними, що свідчить про абсолютне і відносне уповільнення динаміки.

Таблиця 3.4 – Ланцюгові показники динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2007-2016 роки

Рік	y_t ГВт·год	Δ_t^L ГВт·год	k_t^L	$T_{прt}^L$	$\delta_{абс}$ ГВт·год	$\delta_{від}$
2007	133929	-	-	-	-	-
2008	135025	1096	1,008	0,008	-	-
2009	119309	-15716	0,884	-0,116	-16812	-0,125
2010	134135	14826	1,124	0,124	30542	0,241
2011	139800	5665	1,042	0,042	-9161	-0,082
2012	137668	-2132	0,985	-0,015	-7797	-0,057
2013	137531	-137	0,999	-0,001	1995	0,014
2014	133787	-3744	0,973	-0,027	-3607	-0,026
2015	124822	-8965	0,933	-0,067	-5221	-0,040
2016	123693	-1129	0,991	-0,009	7836	0,058

Як можна побачити, впродовж всього періоду обсяги попиту на електричну енергію в Україні є нерівномірними і сягають максимального значення у 2011 році. Значення абсолютного приросту є додатними і від’ємними (3.2). Це означає, що присутні абсолютні швидкості та уповільнення зміни рівнів ряду динаміки за рік. Відповідно до показника відносної швидкості зміни рівня (3.3) для всіх років спостерігається зміна рівнів ряду, оскільки ланцюговий коефіцієнт зростання $k_t^L \neq 1$. Однак, зміни відбуваються відносно рівномірно. Причому порівняння значень Δ_t^L і k_t^L для однакових років показує, що уповільнення відносної швидкості зміни рівня за деякими роками завжди супроводжується зменшенням абсолютних приростів. Максимальна інтенсивність змін рівня обсягів попиту на електричну енергію для побутових споживачів України припадає на 2010 рік - $T_{прt}^L = 0,124$, а 2009 р. характеризується мінімальною інтенсивністю змін - $T_{прt}^L = -0,116$. Показники $\delta_{абс}$ і $\delta_{від}$ показують коливання від додатного до

від'ємного значення впродовж всього періоду: абсолютне та відносне прискорення динаміки спостерігається для 2010 р., 2013 р., 2016р., а для всіх інших років ці показники є від'ємними, що свідчить про абсолютне і відносне уповільнення динаміки.

3.3.2 Визначення базисних показників попиту на електричну енергію побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України

Для побудови ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за допомогою методу часових рядів із базовими абсолютними змінами використано статистичну базу даних, яка представлена у таблиці 3.1.

Базисним початковим рівнем обираємо статистичну інформацію за 2007 рік. Для Бельгії $y_0 = 82915$, для Норвегії $y_0 = 110650$, для України $y_0 = 133929$.

Для визначення абсолютної швидкості зміни рівнів ряду динаміки розраховано базовий абсолютний приріст Δ_t^b (ГВт·год) поточного t -го рівня ряду динаміки y_t [28]:

$$\Delta_t^b = y_t - y_0. \quad (3.7)$$

Відносна швидкість зміни рівнів характеризується базовим коефіцієнтом зростання k_t^b [28]:

$$k_t^b = \frac{y_t}{y_0} = \frac{\Delta_t^b}{y_0} + 1. \quad (3.8)$$

Інтенсивність змін рівнів обсягів попиту на електричну енергію визначається значеннями базового темпу приросту $T_{прt}^b$ [28]:

$$T_{\text{пр}t}^{\delta} = \frac{\Delta_t^{\delta}}{y_0} = k_t^{\delta} - 1. \quad (3.9)$$

Якщо швидкість розвитку в межах завданого періоду є неоднаковою, тоді необхідно розрахувати абсолютне $\delta_{\text{абс}}$ (ГВт·год) та відносне $\delta_{\text{від}}$ прискорення або уповільнення динаміки [28]:

$$\delta_{\text{абс}} = \Delta_t^{\delta} - \Delta_0^{\delta}, \quad (3.10)$$

$$\delta_{\text{від}} = T_{\text{пр}t}^{\delta} - T_{\text{пр}0}^{\delta}. \quad (3.11)$$

Результати розрахунків абсолютних і відносних показників ряду динаміки сукупного обсягу попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007-2016 роки, одержаних за формулами (3.7) - (3.11), наведено у таблицях 3.5 – 3.7.

Таблиця 3.5 - Показники динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії за 2007-2016 роки

Рік	y_t ГВт·год	Δ_t^{δ} ГВт·год	k_t^{δ}	$T_{\text{пр}t}^{\delta}$	$\delta_{\text{абс}}$ ГВт·год	$\delta_{\text{від}}$
2007	82915	0	1,000	0,000	0	0,000
2008	82810	-105	0,999	-0,001	-105	-0,001
2009	77334	-5581	0,933	-0,067	-5581	-0,067
2010	83361	446	1,005	0,005	446	0,005
2011	80112	-2803	0,966	-0,034	-2803	-0,034
2012	81164	-1751	0,979	-0,021	-1751	-0,021
2013	82731	-184	0,998	-0,002	-184	-0,002
2014	80787	-2128	0,974	-0,026	-2128	-0,026
2015	81715	-1200	0,986	-0,014	-1200	-0,014
2016	81725	-1190	0,986	-0,014	-1190	-0,014

Як можна побачити, впродовж всього періоду обсяги попиту на електричну енергію в Бельгії є нерівномірними і сягають максимального значення у 2010 році. Значення абсолютного приросту є додатними і від'ємними (3.7). Це означає, що присутні абсолютні швидкість та уповільнення зміни рівнів ряду динаміки за рік. Відповідно до показника відносної швидкості зміни рівня (3.8) для всіх років спостерігається зміна рівнів ряду, оскільки ланцюговий коефіцієнт зростання $k_t^L \neq 1$. Однак, зміни відбуваються відносно рівномірно. Причому порівняння значень Δ_t^L і k_t^L для однакових років показує, що уповільнення відносної швидкості зміни рівня за деякими роками завжди супроводжується зменшенням абсолютних приростів. Максимальна інтенсивність змін рівня обсягів попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії припадає на 2010 рік - $T_{pr_t}^L = 0,005$, а 2009 р. характеризується мінімальною інтенсивністю змін - $T_{pr_t}^L = -0,067$. Показники $\delta_{абс}$ і $\delta_{від}$ показують коливання від додатного до від'ємного значення впродовж всього періоду: абсолютне та відносне прискорення динаміки спостерігається лише для 2010 р., а для всіх інших років ці показники є від'ємними, що свідчить про абсолютне і відносне уповільнення динаміки.

Як можна побачити, впродовж всього періоду обсяги попиту на електричну енергію в Норвегії є нерівномірними і сягають максимального значення у 2016 році. Значення абсолютного приросту є додатними і від'ємними (3.7). Це означає, що присутні абсолютні швидкість та уповільнення зміни рівнів ряду динаміки за рік. Відповідно до показника відносної швидкості зміни рівня (3.8) для всіх років спостерігається зміна рівнів ряду, оскільки ланцюговий коефіцієнт зростання $k_t^L \neq 1$. Однак, зміни відбуваються відносно рівномірно. Причому порівняння значень Δ_t^L і k_t^L для однакових років показує, що уповільнення відносної швидкості зміни рівня за деякими роками завжди супроводжується зменшенням абсолютних приростів.

Таблиця 3.6 - Показники динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Норвегії за 2007-2016 роки

Рік	y_t ГВт·год	Δ_t^b ГВт·год	k_t^b	$T_{\text{пр}t}^b$	$\delta_{\text{абс}}$ ГВт·год	$\delta_{\text{від}}$
2007	110650	0	1,000	0,000	0	0,000
2008	112021	1371	1,012	0,012	1371	0,012
2009	107333	-3317	0,970	-0,030	-3317	-0,030
2010	113428	2778	1,025	0,025	2778	0,025
2011	107859	-2791	0,975	-0,025	-2791	-0,025
2012	110564	-86	0,999	-0,001	-86	-0,001
2013	111280	630	1,006	0,006	630	0,006
2014	108840	-1810	0,984	-0,016	-1810	-0,016
2015	111404	754	1,007	0,007	754	0,007
2016	113709	3059	1,028	0,028	3059	0,028

Максимальна інтенсивність змін рівня обсягів попиту на електричну енергію для побутових споживачів Норвегії припадає на 2016 рік - $T_{\text{пр}t}^l = 0,028$, а 2009 р. характеризується мінімальною інтенсивністю змін - $T_{\text{пр}t}^l = -0,03$. Показники $\delta_{\text{абс}}$ і $\delta_{\text{від}}$ показують коливання від додатного до від'ємного значення впродовж всього періоду: абсолютне та відносне прискорення динаміки спостерігається для 2008 р., 2010 р., 2013 р., 2015 р., 2016 р., а для всіх інших років ці показники є від'ємними, що свідчить про абсолютне і відносне уповільнення динаміки.

Як можна побачити, впродовж всього періоду обсяги попиту на електричну енергію в Україні є нерівномірними і сягають максимального значення у 2011 році. Значення абсолютного приросту є додатними і від'ємними (3.7). Це означає, що присутні абсолютні швидкість та уповільнення зміни рівнів ряду динаміки за рік. Відповідно до показника

відносної швидкості зміни рівня (3.8) для всіх років спостерігається зміна рівнів ряду, оскільки ланцюговий коефіцієнт зростання $k_t^L \neq 1$. Однак, зміни відбуваються відносно рівномірно. Причому порівняння значень Δ_t^L і k_t^L для однакових років показує, що уповільнення відносної швидкості зміни рівня за деякими роками завжди супроводжується зменшенням абсолютних приростів. Максимальна інтенсивність змін рівня обсягів попиту на електричну енергію для побутових споживачів України припадає на 2011 рік - $T_{\text{пр}t}^L = 0,044$, а 2009 р. характеризується мінімальною інтенсивністю змін - $T_{\text{пр}t}^L = -0,109$. Показники $\delta_{\text{абс}}$ і $\delta_{\text{від}}$ показують коливання від додатного до від'ємного значення впродовж всього періоду: абсолютне та відносне прискорення динаміки спостерігається для 2008 р., 2010 р., 2011 р., 2012 р., 2013 р., а для всіх інших років ці показники є від'ємними, що свідчить про абсолютне і відносне уповільнення динаміки.

Таблиця 3.7 - Показники динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2007-2016 роки

Рік	y_t ГВт·год	Δ_t^b ГВт·год	k_t^b	$T_{\text{пр}t}^b$	$\delta_{\text{абс}}$ ГВт·год	$\delta_{\text{від}}$
2007	133929	0	1,000	0,000	0	0,000
2008	135025	1096	1,008	0,008	1096	0,008
2009	119309	-14620	0,891	-0,109	-14620	-0,109
2010	134135	206	1,002	0,002	206	0,002
2011	139800	5871	1,044	0,044	5871	0,044
2012	137668	3739	1,028	0,028	3739	0,028
2013	137531	3602	1,027	0,027	3602	0,027
2014	133787	-142	0,999	-0,001	-142	-0,001
2015	124822	-9107	0,932	-0,068	-9107	-0,068
2016	123693	-10236	0,924	-0,076	-10236	-0,076

3.4 Порівняльний аналіз відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки

Для проведення порівняльного аналізу відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки побудуємо графіки.

Графік ланцюгових показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки представлено на рисунку 3.3.

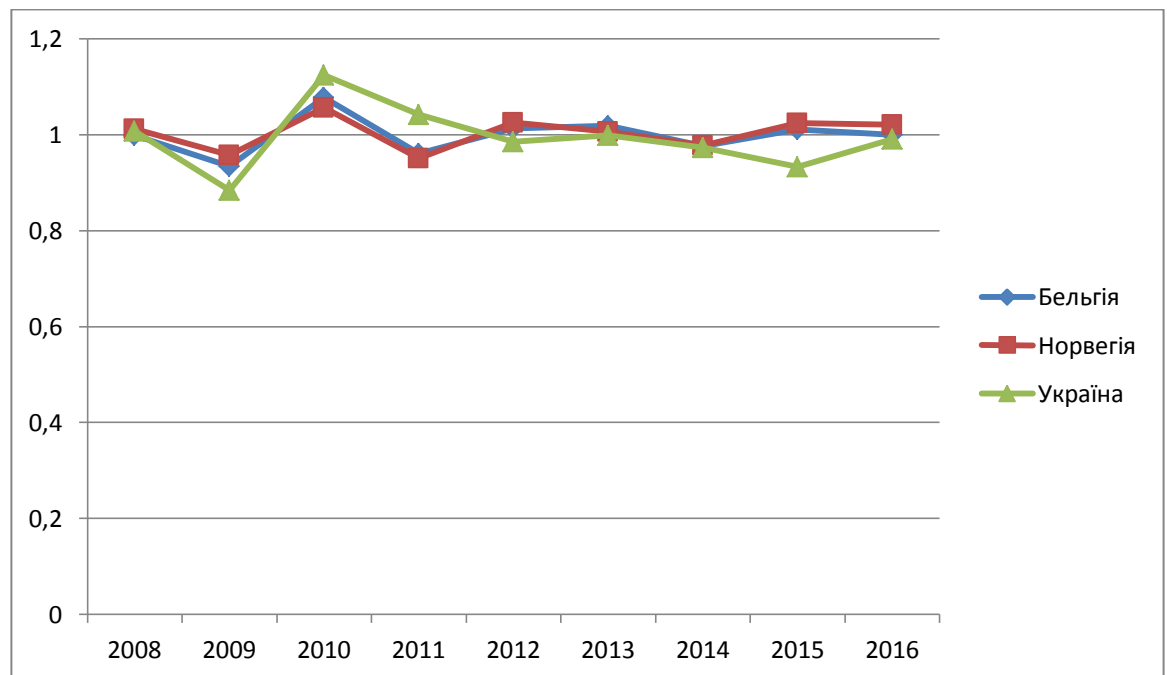


Рисунок 3.3 - Графік ланцюгових показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки

З проведеного порівняльного аналізу ланцюгових показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки визначено, що відносні швидкості зміни рівня динаміки попиту на

електричну енергію для побутових споживачів Бельгії та Норвегії за 2007 – 2016 роки майже співпадають. А от відносна швидкість зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України відрізняється від Бельгії та Норвегії різкими зростаннями та спаданнями.

Графік базисних показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки представлено на рисунку 3.4.

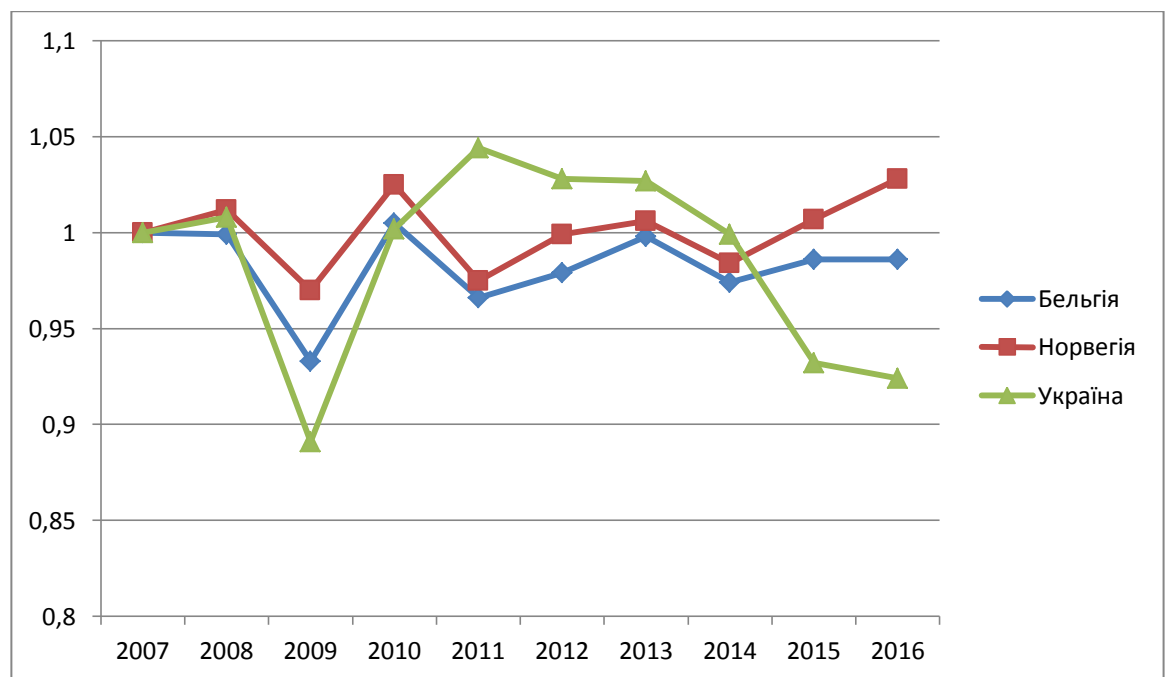


Рисунок 3.4 - Графік базисних показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки

З проведеного порівняльного аналізу базисних показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки визначено, що відносна швидкість зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України має найбільш нерівномірний характер у порівнянні з Норвегією. Також для відносної швидкості зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для

побутових споживачів України притаманні різкі уповільнення та підвищення швидкості у порівнянні з базисним рівнем. Відносна швидкість зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії має невелику відмінність у порівнянні з Норвегією.

Висновки до розділу 3

На підставі зазначеного припущення та статистичних даних було проведено дослідження динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за допомогою методу часових рядів із ланцюговими і базовими показниками щоб провести порівняльний аналіз відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки. За допомогою порівняльного аналізу ланцюгових показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки визначено, що відносні швидкості зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії та Норвегії за 2007 – 2016 роки майже співпадають. А от відносна швидкість зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України відрізняється від Бельгії та Норвегії різкими зростаннями та спаданнями. Також за допомогою порівняльного аналізу базисних показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки визначено, що відносна швидкість зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України має найбільш нерівномірний характер у порівнянні з Норвегією. Також для відносної швидкості зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України притаманні різкі уповільнення та підвищення швидкості у порівнянні з базисним рівнем. Відносна швидкість зміни рівня

динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії має невелику відмінність у порівнянні з Норвегією.

Отже, за допомогою методів, якими було проведено дослідження в даному розділі ми не змогли визначити конкретні фактори, які впливають на динаміку попиту на електричну енергію для побутових споживачів. Тому спрогнозувати попит на майбутнє за допомогою цих методів неможливо.

Сценарний підхід є одним з методів прогнозування в умовах невизначеності. Саме цей метод застосовано в наступному розділі для визначення факторів, які впливають на динаміку попиту на електричну енергію для побутових споживачів.

4 РОЗРОБКА СЦЕНАРНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ ПОПИТУ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

В даному розділі розроблено сценарій для прогнозування та оцінки динаміки попиту на електричну енергію за для покращення енергозабезпечення побутових споживачів.

4.1 Визначення факторів, які впливають на динаміку попиту на електричну енергію для побутових споживачів

В якості припущення було висунуто гіпотезу, що для розробки сценарного аналізу потрібно розглянути вплив соціально-економічних та демографічних факторів. Розглянемо такі фактори як кількість населення та тариф на електричну енергію. Обрана країна, для розробки сценарію, - Україна. Статистичну інформацію щодо чисельності наявного населення України взято з джерела [29]. Дана інформація представлена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Чисельність наявного населення України за 2013 - 2016 роки

Рік	Кількість населення, осіб
2013	45553047
2014	45426249
2015	42929298
2016	42760516

Для того щоб прослідкувати динаміку чисельності наявного населення в Україні за 2013 - 2016 роки, побудуємо графік. Графік динаміки

чисельності наявного населення в Україні за 2013 - 2016 роки представлено на рисунку 4.1.

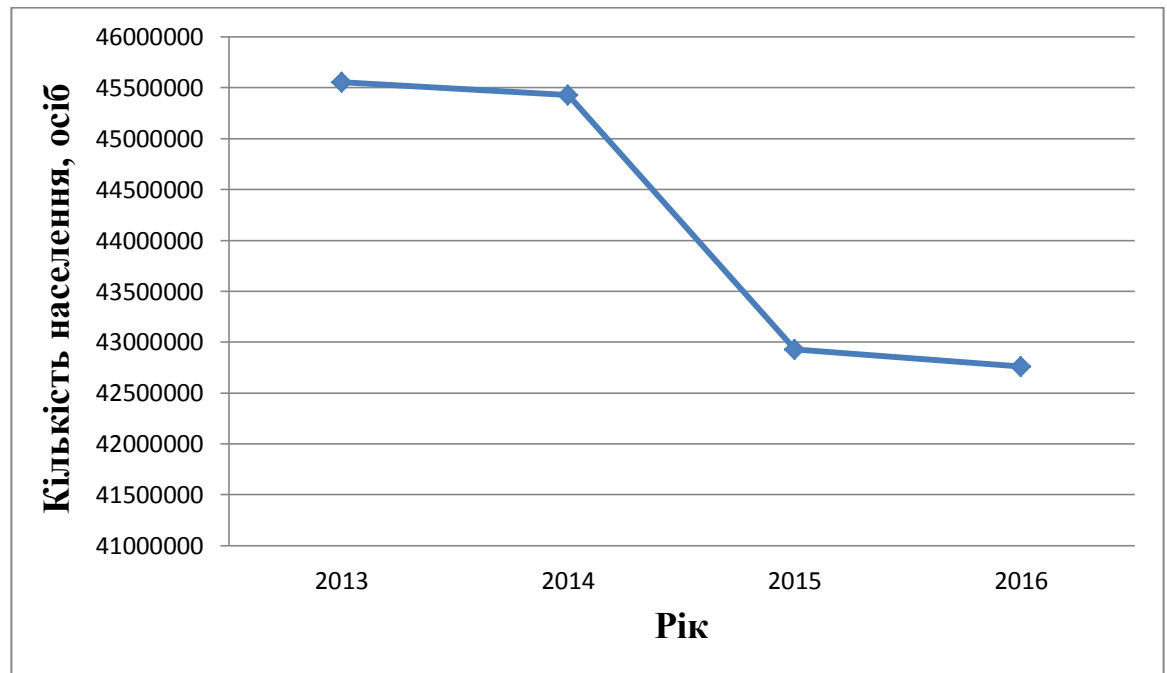


Рисунок 4.1 - Графік динаміки чисельності наявного населення в Україні за 2014 - 2016 роки

На графіку динаміки чисельності наявного населення в Україні за 2013 - 2016 роки спостерігаємо різкий спад чисельності населення у 2015 році. Це зумовлено зменшенням статистики по зоні Антитерористичних дій та по Автономній Республіці Крим. З 2013 року зберігається тенденція до зменшення чисельності наявного населення України.

Статистичну інформацію щодо тарифу на електричну енергію для населення України, що споживає 100 - 600 кВт·год, взято з джерела [30]. Дана інформація представлена в таблиці 4.2.

Для того щоб прослідкувати динаміку тарифу на електричну енергію для населення України, що споживає 100 - 600 кВт·год, за 2013 - 2016 роки, побудуємо графік. Графік динаміки тарифу на електричну енергію для

населення України, що споживає 100 - 600 кВт·год, за 2013 - 2016 роки представлено на рисунку 4.2.

Таблиця 4.2 – Тарифи на електричну енергію для населення України, що споживає 100 - 600 кВт·год, за 2014 - 2016 роки

Дата встановлення тарифу	Тариф на електричну енергію за 1 кВт·год, коп
до 01.06.2014	36,48
01.06.2014	41,94
01.04.2015	63
01.09.2015	78,9
01.03.2016	99
01.09.2016	129

По таблиці 4.2 спостерігаємо тенденцію до зростання тарифу на електричну енергію для населення України, що споживає 100 - 600 кВт·год, з 2013 року. Це пов'язано з погіршенням економічної ситуації в Україні.

4.2 Застосування кореляційного аналізу для визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та соціально-економічних і демографічних факторів

Для визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та чисельністю наявного населення України застосуємо кореляційний аналіз. Для виконання кореляційного аналізу застосуємо пакет «Аналіз даних» MS Excel (інструменти «Кореляція»). Вихідні дані для виконання кореляційного аналізу наведені у таблиці 4.3.

Отримані результати при виконанні кореляційного аналізу наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.3 - Вихідні дані для виконання кореляційного аналізу

Рік	Попит на електричну енергію для побутових споживачів, ГВт·год	Чисельність наявного населення, осіб
2013	137531	45553047
2014	133787	45426249
2015	124822	42929298
2016	123693	42760516

Таблиця 4.4 - Отримані результати при виконанні кореляційного аналізу

Змінна	Попит на електричну енергію для побутових споживачів, ГВт·год	Чисельність наявного населення, осіб
Попит на електричну енергію для побутових споживачів, ГВт·год	1	
Чисельність наявного населення, осіб	0,98	1

При застосуванні кореляційного аналізу визначено, що коефіцієнт кореляції дорівнює 0,98. Це означає, що існує пряма залежність між попитом на електричну енергію та чисельністю наявного населення в Україні.

Для визначення зв'язку між попитом на електричну енергію для побутових споживачів та тарифом на електричну енергію України застосуємо кореляційний аналіз. Для виконання кореляційного аналізу застосуємо пакет

«Аналіз даних» MS Excel (інструменти «Кореляція»). Вихідні дані для виконання кореляційного аналізу наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Вихідні дані для виконання кореляційного аналізу

Рік	Попит на електричну енергію для побутових споживачів, ГВт·год	Тариф на електричну енергію за 1 кВт·год, коп
2013	137531	36,48
2014	133 787	41,94
2015	124 822	78,90
2016	123 693	129,00

Оскільки база даних обмежена, то через зміну тарифу на електричну енергію впродовж року зроблено припущення, що тариф на електричну енергію дорівнює максимальному за обраний рік. Таке припущення зроблено, тому що відсутня статистична інформація помісячного попиту на електричну енергію для побутових споживачів України.

Отримані результати при виконанні кореляційного аналізу наведені у таблиці 4.6.

При застосуванні кореляційного аналізу визначено, що коефіцієнт кореляції дорівнює -0,9. Це означає, що існує обернена залежність між попитом на електричну енергію та тарифом на електричну енергію в Україні.

Таблиця 4.6 - Отримані результати при виконанні кореляційного аналізу

Змінна	Попит на електричну енергію для побутових споживачів, ГВт·год	Тариф на електричну енергію за 1 кВт·год, коп
Попит на електричну енергію для побутових споживачів, ГВт·год	1	
Тариф на електричну енергію за 1 кВт·год, коп	-0,9	1

4.3 Застосування методу часових рядів для виконання порівняльного аналізу динаміки питомого попиту на електричну енергію побутових споживачів України

Для виконання порівняльного аналізу динаміки питомих показників попиту на електричну енергію побутових споживачів України розрахуємо питомі показники попиту на електроенергію за 2013-2016 роки. Результати розрахунків наведено у таблиці 4.7.

З таблиці 4.7 спостерігаємо спад питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки. Внаслідок збільшення тарифу на електричну енергію можна припустити, що питомий показник попиту на електричну енергію для побутових споживачів прив'язаний до енергозбереження.

Таблиця 4.7 – Результати розрахунків питомих показників попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки

Рік	Попит на електричну енергію для побутових споживачів, ГВт·год	Чисельність наявного населення, осіб	Питомий попит на електричну енергію для побутових споживачів за рік, кВт·год/особу	Питомий попит на електричну енергію для побутових споживачів за місяць, кВт·год/особу
2013	137531	45553047	3019	252
2014	133787	45426249	2945	245
2015	124822	42929298	2908	242
2016	123693	42760516	2893	241

Для побудови ряду динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за допомогою методу часових рядів із визначенням ланцюгових показників використано результати розрахунків із таблиці 4.7. Розрахунки ланцюгових показників зроблені за формулами (3.2) - (3.6).

Результати розрахунків абсолютних і відносних показників ряду динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за допомогою методу часових рядів із визначенням ланцюгових показників наведено у таблиці 4.8.

Як можна побачити, впродовж всього періоду обсяги питомого попиту на електричну енергію в Україні мають спадний характер. Значення абсолютного приросту є від’ємними. Це означає, що присутнє абсолютне уповільнення зміни рівнів ряду динаміки за рік. Відповідно до показника відносної швидкості зміни рівня для всіх років спостерігається зміна рівнів

ряду, оскільки ланцюговий коефіцієнт зростання $k_t^L \neq 1$. Однак, зміни відбуваються відносно рівномірно. Причому порівняння значень Δ_t^L і k_t^L для однакових років показує, що уповільнення відносної швидкості зміни рівня за деякими роками завжди супроводжується зменшенням абсолютних приростів. Максимальна інтенсивність змін рівня обсягів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України припадає на 2016 рік – $T_{\text{пр}t}^L = -0,004$, а 2014 р. характеризується мінімальною інтенсивністю змін – $T_{\text{пр}t}^L = -0,028$. Показники $\delta_{\text{абс}}$ і $\delta_{\text{від}}$ мають додатні значення впродовж всього періоду.

Таблиця 4.8 - Ланцюгові показники динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки

Рік	y_t $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{особу}}$	Δ_t^L $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{особу}}$	k_t^L	$T_{\text{пр}t}^L$	$\delta_{\text{абс}}$ $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{особу}}$	$\delta_{\text{від}}$
2013	252	-	-	-	-	-
2014	245	-7	0,9722	-0,028	-	-
2015	242	-3	0,9878	-0,012	4	0,0155
2016	241	-1	0,9959	-0,004	2	0,0081

Для побудови ряду динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за допомогою методу часових рядів із визначенням базисних показників використано результати розрахунків із таблиці 4.7.

Базисним початковим рівнем обрано 2013 рік, $y_0 = 252$ кВт·год/особу. Розрахунки ланцюгових показників зроблені за формулами (3.7) - (3.11). Результати розрахунків абсолютних і відносних показників ряду динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за допомогою методу часових рядів із визначенням базисних показників наведено у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Базисні показники динаміки питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України за 2013-2016 роки

Рік	y_t $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{особу}}$	Δ_t^b $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{особу}}$	k_t^b	$T_{\text{пр}t}^b$	$\delta_{\text{абс}}$ $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{особу}}$	$\delta_{\text{від}}$
2013	252	0	1,000	0,000	0	0,000
2014	245	-7	0,972	-0,028	-7	-0,028
2015	242	-10	0,960	-0,040	-10	-0,040
2016	241	-11	0,956	-0,044	-11	-0,044

Як можна побачити, впродовж всього періоду обсяги питомого попиту на електричну енергію в Україні мають спадний характер. Значення абсолютного приросту є від'ємними. Це означає, що присутнє абсолютне уповільнення зміни рівнів ряду динаміки за рік. Відповідно до показника відносної швидкості зміни рівня для всіх років спостерігається зміна рівнів ряду, оскільки базовий коефіцієнт зростання $k_t^l \neq 1$. Однак, зміни відбуваються відносно рівномірно. Причому порівняння значень Δ_t^l і k_t^l для однакових років показує, що уповільнення відносної швидкості зміни рівня за деякими роками завжди супроводжується зменшенням абсолютних приростів. Максимальна інтенсивність змін рівня обсягів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України припадає на 2014 рік – $T_{\text{пр}t}^l = -0,028$, а 2016 р. характеризується мінімальною інтенсивністю змін – $T_{\text{пр}t}^l = -0,044$. Показники $\delta_{\text{абс}}$ і $\delta_{\text{від}}$ мають додатні значення впродовж всього періоду.

Побудуємо графік динаміки відносної швидкості зміни рівнів та темпу приросту питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України. Графік динаміки відносної швидкості зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України представлено на рисунку 4.2.

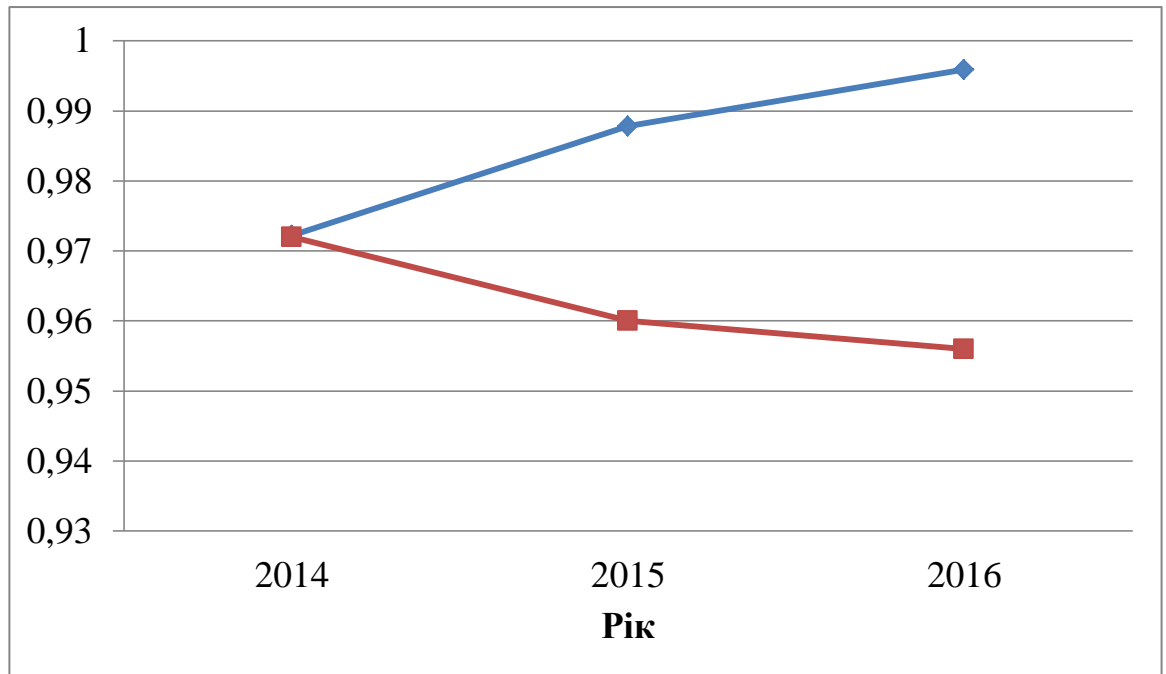


Рисунок 4.2 - Графік динаміки відносної швидкості зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України

Провівши порівняльний аналіз визначено, що ланцюговий показник відносної швидкості зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України з кожним роком зростає. У порівнянні з 2013 роком у 2016 році відносна швидкість зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України зросла на 0,044.

4.4 Розробка сценарію для прогнозування динаміки попиту на електричну енергію побутових споживачів України

Для розробки сценарію використаємо регресійний аналіз. Регресійний аналіз дасть змогу визначити який із наведених вище факторів, кількість населення чи тариф на електричну енергію, більше впливає на попит на електричну енергію. Для виконання регресійного аналізу застосуємо пакет «Аналіз даних» MS Excel (інструменти «Регресія»), а також вбудовані статистичні та математичні функції MS Excel.

Оскільки тариф на електричну енергію є регульованим, то це означає, що він не є стохастичною величиною. Тобто дану величину не можна використовувати для виконання регресійного аналізу. Отже, дослідження будемо проводити за допомогою парної регресії.

Щоб описати парну регресію, використаємо формулу:

$$y = a + bx \quad (4.1)$$

Вихідні дані для парної регресії взяті з таблиці 4.3.

Для проведення розрахунків визначаємо:

- обсяг вибірки $n = 4$;
- кількість незалежних змінних – факторних ознак (це кількість параметрів у рівнянні регресії без вільного члена) $k = 1$;
- число ступенів свободи $df = 2$;
- рівень значущості $\alpha = 0,05$;
- рівень надійності = 95%.

Отримуємо наступні результати розрахунку регресійного аналізу, що наведені у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Результати розрахунку регресійного аналізу

Змінні	Коефіцієнти	Р-значення
Попит на електричну енергію для побутових споживачів України	-61936,387	0,147
Чисельність наявного населення України	0,004	0,019

Так як рівень надійності задано 95%, то прийнятність відповідного параметра можлива за умови р-значення $< 0,05$.

Запишемо рівняння парної регресії з визначеними параметрами:

$$y = -61936,387 + 0,004x \quad (4.2)$$

Розробимо сценарій для попиту на електричну енергію побутових споживачів України на 2026 рік. Для цього побудуємо точковий графік чисельності наявного населення України за 2013-2016 роки та лінію тренду, віднайдемо рівняння тренду.

Точковий графік чисельності наявного населення України за 2013 - 2016 роки представлено на рисунку 4.3.

З точкового графіку чисельності наявного населення України за 2013-2016 роки визначено, що в країні зберігається тенденція до зменшення чисельності наявного населення.

З побудованого графіку визначено рівняння тренду:

$$y = -1\,087\,454,40x + 2\,234\,844\,166,30 \quad (4.3)$$

Значення коефіцієнта детермінації дорівнює $R^2 = 0,84$. Це означає, що отримане рівняння тренду можна використовувати для прогнозування.

Розрахуємо чисельність наявного населення України у 2026 році:

$$y = -1\,087\,454,40 \cdot 2026 + 2\,234\,844\,166,30 = 31661552 \text{ особи}$$

Підставили отриманий результат чисельності наявного населення України у 2026 році у рівняння 4.2 і отримали:

$$y = -61936,387 + 0,004 \cdot 31661552 = 64710 \text{ ГВт} \cdot \text{год}$$

Отже, з розробленого сценарію на 2026 рік визначили, що чисельність наявного населення України становитиме 31661552 особи, якщо зберігатиметься тенденція до зменшення кількості населення, а попит на електричну енергію для побутових споживачів - 64710 ГВт·год. Тобто, якщо

чисельність наявного населення України зменшиться на 11098964 осіб, то попит на електричну енергію для побутових споживачів – 58983 ГВт·год.

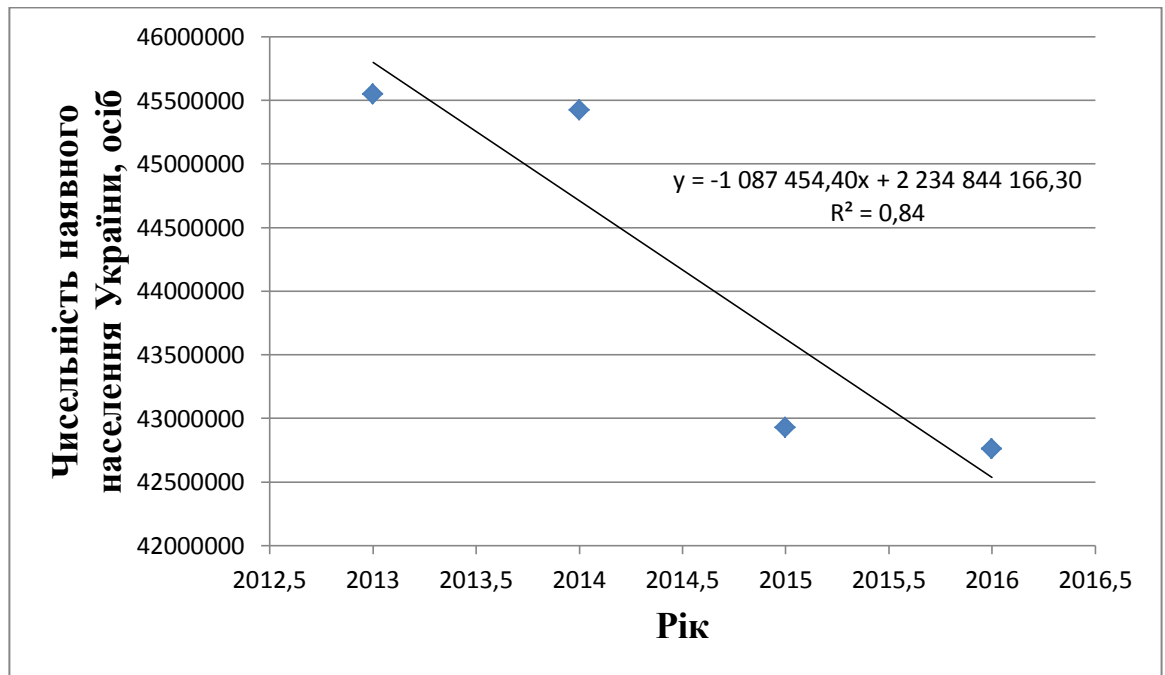


Рисунок 4.3 - Точковий графік чисельності наявного населення України за 2013-2016 роки

Висновки до розділу 4

В даному розділі:

1. При застосуванні кореляційного аналізу визначено, що коефіцієнт кореляції між попитом на електричну енергію та чисельністю наявного населення України дорівнює 0,98. Це означає, що між ними існує пряма залежність.
2. При застосуванні кореляційного аналізу визначено, що коефіцієнт кореляції між попитом на електричну енергію та тарифом на електричну енергію в Україні дорівнює -0,9. Це означає, що між ними існує обернена залежність.
3. Провівши порівняльний аналіз визначено, що ланцюговий показник відносної швидкості зміни рівнів питомого попиту на електричну

енергію для побутових споживачів України з кожним роком зростає. У порівнянні з 2013 роком у 2016 році відносна швидкість зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України зросла на 0,044.

4. Розроблено сценарій на 2026 рік. За допомогою нього визначено, що чисельність наявного населення України становитиме 31661552 особи, якщо зберігатиметься тенденція до зменшення кількості населення, а попит на електричну енергію для побутових споживачів - 64710 ГВт·год. Тобто, якщо чисельність наявного населення України зменшиться на 11098964 осіб, то попит на електричну енергію для побутових споживачів – 58983 ГВт·год.

Отже, для України потрібно щоб попит на електричну енергію зменшувався, оскільки при збільшенні попиту країна не зможе покрити потребу споживачів при наявних потужностях. Це можливо якщо вплинути на зміну зовнішніх факторів, наприклад, чисельність наявного населення. Так як цей фактор є стохастичним, тобто неможливо дізнатися як він буде себе поводити у майбутньому, то потрібно віднайти спосіб, який допоможе зменшити попит на електричну енергію для побутових споживачів. Саме такий спосіб описано в наступному розділі.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «СОНЯЧНІ ЖАЛЮЗІ»

Розвиток стартапів і їх перетворення в бізнес є однією з головних задач формування і функціонування національної економіки, створення інтелектуального капіталу країни, основою подальшого динамічного розвитку економіки. Успішний розвиток залежить в першу чергу від чіткого розуміння фактору інновацій як єдино можливого шляху сталого розвитку країни [31].

Стартап як форма малого ризикового підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок. Знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн з появою Інтернету стало простіше. За рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає [31].

Механізм успішного розвитку стартапів є цілеспрямовано сформована, в тому числі державою, взаємодія сукупності фінансових, інтелектуальних, інформаційних ресурсів, організаційних структур, конкретних форм і методів впливу на інвестиційний процес в інтересах розвитку малих інноваційних підприємств. Активний розвиток інноваційних стартапів відбувається в умовах переходу від індустріального до інформаційного суспільства, нового технологічного укладу, який зумовив зростання ролі особистісного фактору, знань та інформації [31].

Розробка та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів [31].

5.1 Опис ідеї стартап-проекту

На етапі маркетингового аналізу здійснюється опис ідеї проекту та визначаються загальні напрями використання запропонованої послуги, а також її відмінність від конкурентів. Проводиться аналіз ринкових можливостей щодо реалізації послуги розробляється стратегія ринкового впровадження послуги в межах проекту [31].

Для зниження споживання електричної енергії домогосподарствами необхідно розробити пристрій, який дозволить генерувати електричну енергію.

Зміст ідеї, напрями застосування та вигоди для користувача наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Встановлення віконних жалюзі, які зможуть перетворювати енергію сонця в електричну	Приватні будинки	1. Можливість самому генерувати електричну енергію
	Багатоквартирні будинки	2. Можливість продавати електричну енергію
		3. Незалежність від центральної електроенергетичної системи

Отже, ідея стартап-проекту полягає у встановленні віконних жалюзі, які будуть перетворювати енергію сонця в електричну енергію. Даний пристрій можна встановлювати в приватних та багатоповерхових будинках.

Для аналізу всіх особливостей даного пристрою, детальну інформацію щодо технологічних характеристик зведено в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Слабка сторона	Нейтральна сторона	Сильна сторона
1.	Єдиний в своєму роді			+
2.	Новизна			+
3.	Простота у використанні			+
4.	Можливість генерувати електричну енергію			+

З таблиці 5.2 бачимо, що даний пристрій має багато сильних сторін. А саме, що він є єдиним у своєму роді, простий у використанні та за допомогою нього можна генерувати електричну енергію.

5.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Для аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту необхідно визначити потенційні групи клієнтів та їхні характеристики. Орієнтовний перелік потенційних груп клієнтів та їхні характеристики наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№	Потреба, що формулює ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Вирівнювання графіку електричного навантаження	Приватні будинки	Розташовані в більшій мірі в селах або за містом	Надійність у роботі
2.		Багатоповерхові будинки	Розташовані в більшій мірі у великих містах	Зручний у використанні

Наразі провести аналіз конкуренції на ринку є неможливим, так як ринок ще несформований.

Стартап-проект відзначається певною мірою ризику, тому було проведено аналіз факторів, що можуть перешкоджати ринковому впровадженню проекту. Фактори загроз представлені у таблиці 5.4.

Проведення аналізу дало можливість визначити ряд факторів, що представляють можливості для впровадження стартап-проекту. Фактори можливостей наведено в таблиці 5.5.

Аналізуючи фактори загроз та можливостей зроблено висновок, що фактори які загрожують впровадженню даного стартап-проекту є поява конкуренції на ринку та низький дохід покупця. Щодо можливостей, то підвищення тарифу на електричну енергію та перебої у постачанні

електричної енергії дозволять збільшити попит на пристрій та вартість пристрою.

Таблиця 5.4 - Фактори загроз

№	Фактори	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Зменшення попиту на товар	Популяризація
			Удосконалення моделі
2.	Низький дохід покупця	Зниження зацікавленості до пристрою, та його недоступність	Введення акцій при покупці пристрою

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу на основі виділених ринкових загроз та можливостей [32].

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

SWOT-аналіз представлений у таблиці 5.6.

Таблиця 5.5 - Фактори можливостей

№	Фактори	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Підвищення тарифу на електричну енергію	Використання власно-згенерованої електричної енергії	Збільшення попиту на пристрій
		Продаж надлишкової електричної енергії за «зеленим тарифом»	Підвищення вартості пристрою
2.	Перебої у постачанні електричної енергії		

Таблиця 5.6 - SWOT-аналіз стартап-проекту

S (сильні сторони)	W (слабкі сторони)
<ul style="list-style-type: none"> - наразі проект не має конкурентів; - наявна кількість потенційних клієнтів; - необхідні технології наявні на сьогодні; - простота у використанні. 	<ul style="list-style-type: none"> - необізнаність покупців; - наявність товарів замінників.
O (можливості)	T (загрози)
<ul style="list-style-type: none"> - зростання попиту на даний пристрій; - можливість дистанційного керування; - можливість генерувати електричну енергію; - можливість продажу надлишкової електричної енергії за «зеленим тарифом»; - можливість акумулювати вироблену енергію. 	<ul style="list-style-type: none"> - зниження доходів потенційних споживачів; - поява конкуренції; - зниження тарифів на електроенергію.

Висновки до розділу 5

В даному розділі розроблено стартап-проект для зменшення споживання електричної енергії домогосподарствами. Проект по встановленню віконних жалюзі, які перетворюють енергію сонця в електричну енергію є перспективним для впровадження на цільовому ринку. Маркетинговий аналіз показує, що даний проект має ряд факторів загроз та можливостей, в яких можна прослідкувати можливу реакцію клієнтів. Для виявлення сильних та слабких сторін, можливостей та загроз проекту було проведено SWOT-аналіз, який чітко відображає положення проекту на ринку.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного дослідження отримані наступні результати:

1. Розглянуто наукові праці вітчизняних та зарубіжних дослідників за проблемою прогнозування динаміки попиту на електричну енергію. Визначено, що дана проблема прогнозування динаміки попиту на електричну енергію є актуальною не лише в Україні, а й у країнах Європи.

2. За допомогою порівняльного аналізу ланцюгових показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки визначено, що відносні швидкості зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії та Норвегії за 2007 – 2016 роки майже співпадають. А от відносна швидкість зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України відрізняється від Бельгії та Норвегії різкими зростаннями та спаданнями.

3. За допомогою порівняльного аналізу базисних показників відносних швидкостей зміни рівня ряду динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії, Норвегії та України за 2007 – 2016 роки визначено, що відносна швидкість зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України має найбільш нерівномірний характер у порівнянні з Норвегією. Також для відносної швидкості зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів України притаманні різкі уповільнення та підвищення швидкості у порівнянні з базисним рівнем. Відносна швидкість зміни рівня динаміки попиту на електричну енергію для побутових споживачів Бельгії має невелику відмінність у порівнянні з Норвегією.

4. При застосуванні кореляційного аналізу визначено, що коефіцієнт кореляції між попитом на електричну енергію та чисельністю

наявного населення України дорівнює 0,98. Це означає, що між ними існує пряма залежність.

5. При застосуванні кореляційного аналізу визначено, що коефіцієнт кореляції між попитом на електричну енергію та тарифом на електричну енергію в Україні дорівнює -0,9. Це означає, що між ними існує обернена залежність.

6. Провівши порівняльний аналіз визначено, що ланцюговий показник відносної швидкості зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України з кожним роком зростає. У порівнянні з 2013 роком у 2016 році відносна швидкість зміни рівнів питомого попиту на електричну енергію для побутових споживачів України зросла на 0,044.

7. Розроблено сценарій на 2026 рік. За допомогою нього визначено, що чисельність наявного населення України становитиме 31661552 особи, якщо зберігатиметься тенденція до зменшення кількості населення, а попит на електричну енергію для побутових споживачів - 64710 ГВт·год. Тобто, якщо чисельність наявного населення України зменшиться на 11098964 осіб, то попит на електричну енергію для побутових споживачів – 58983 ГВт·год.

8. Розроблено стартап-проект для зменшення споживання електричної енергії домогосподарствами. Визначено, що проект по встановленню віконних жалюзі, які перетворюють енергію сонця в електричну енергію є перспективним для впровадження на цільовому ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В. Ф. Находов, Т. В. Яроцька, і А. О. Горбоненко, Методологія аналізу та корегування впливу диференційованих тарифів на конфігурацію графіків навантаження енергосистеми України, Вісник Вінницького політехнічного інституту, № 6, с. 72-75, Лис 2010.
2. Веремійчук Ю. А. Аналіз ефективності розподілу споживачів електричної енергії на роздрібному ринку України / Ю. А. Веремійчук, М. П. Панасюк, А. І. Замулко // Електромех. і енергозберігаючі системи. - 2012. - Вип. 2. - С. 71-76. - Бібліогр.: 4 назв. - укр.
3. Кулик М. М. Застосування методів комплексного прогнозування для визначення перспективного попиту на первинні енергетичні ресурси / М. М. Кулик, О. Є. Маляренко, Н. Ю. Майстренко, В. В. Станиціна, А. І. Спітковський // Проблеми загальної енергетики. - 2017. - Вип. 1. - С. 5-15. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE_2017_1_4.
4. Сас Д. Прогнозування попиту на електричну енергію за допомогою методу UP-DOWN / Д. Сас // Проблеми загальної енергетики. – 2013. – № 3(34). – С. 11–16.
5. В. Лір. Економічні механізми управління попитом на ринку електроенергії / В. Лір, О. Биконя // Економіст. - 2015. - № 2. - С. 9-13. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ_2015_2_3
6. Сотник І. М. Багатоставкові зонні тарифи в системі управління попитом на електроенергію / І. М. Сотник, Ю. М. Завдов'єва, О. І. Завдов'єв // Mechanism of Economic Regulation. - 2014. - № 2. - С. 106-115
7. Двоетапний метод прогнозування перспективного попиту на енергетичні ресурси / М.М. Кулик, Н.Ю. Майстренко, О.Є. Маляренко // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2015. — № 5-6. — С. 25-33.

8. Методи узгодження прогнозних рішень / М. М. Кулик // Проблеми загальної енергетики. - 2014. - Вип. 2. - С. 5-12.
9. Jacobsen H.K. Integrating the bottom-up and top-down approach to energy-economy modelling; the case of Denmark // Energy Economics 20. — 1998. — P. 443–461.
10. Wanke P., E. Saliby E. TOP-DOWN OR BOTTOM- UP FORECASTING? Pesquisa Operacional, Setembro a Dezembro de 2007. — Vol. 27, ¹ 3. — P. 591–605.
11. Bart Smets Investigation on Demand Side Management Techniques in the Smart Grid using Game Theory and ICT Concepts.
12. Waleed K. A. Najy, Jacob W. Crandall and H. H. Zeineldin, "A Critical Assessment of Cost-Based Nash Methods for Demand Scheduling in Smart Grids," arXiv:1306.0816 [cs.GT], June 2013.
13. Zubair Md. Fadlullah, Minh Quan Duong, NeiKato and Ivan Stojmenovic, "A Novel Game-based Demand Side Management Scheme for Smart Grid," Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2013 IEEE, pp. 4677 - 4682, April 2013.
14. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Міненерговугілля активно працює над організаційно-технічною імплементацією реформованого ринку електричної енергії [Електронний ресурс] – Режим доступу:
http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245292076&cat_id=35109
15. Конституція України : закон України «Про ринок електричної енергії» від 10 червня 2018 р.// Відомості Верховної Ради України. – 2017. – № 27-28. – Ст.312.
16. Про затвердження Кодексу систем розподілу: постанова Національної комісії, що здійснює Державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 14 березня 2018 р. № 310 // Урядовий кур'єр. – 2018. –18 квітня – № 75.

17. Основи методології та організації наукових досліджень: Навч. посіб. для студентів, курсантів, аспірантів і ад'юнтів / за ред. А. Є. Конверського. — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 352 с. (С. 28-35)
18. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование: Учебник. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 228 с
19. Розрахунок факторним аналізом експериментом тиску, жирності і кислотності на якість продукції: курсова робота - [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://bukvar.su/jekonomikomatematicheskoe-modelirovanie/213777-Korrelyacionnyiy-analiz.html>
20. Хом'як М.М. Геостатистика: курс лекцій / М.М. Хом'як // Львівський національний університет імені Івана Франка. – 2006 – С. 1 – 7. [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.lnu.edu.ua/faculty/geology/phis_geo/Khomyak/E-book_Geostatistics/Part2/Lectons2-3-1.htm
21. Купалова, Г. І. Теорія економічного аналізу: навч. посібник [Ел. р.] – Режим доступу: <http://pidruchniki.ws/13590421>
22. Сценарний аналіз як системна методологія передбачення / М.З. Згуровський // Систем. дослідж. та інформ. технології. — 2002. — № 1. — С. 7-38.
23. Майсак О. С. SWOT-анализ: объект, факторы, стратегии. Проблема поиска связей между факторами // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2013. — № 1 (21). — С. 151—157
24. Eurostat Statistics Explained. Electricity production, consumption and market overview [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_production_consumption_and_market_overview#Household_electricity_consumption
25. Опря А.Т. Прогнозування економічних показників з позицій гіпотези стійкості закономірностей розвитку явищ у часовому просторі (регіональний аспект) // Економіка і регіон. - 2012. - № 1. - С. 123-128. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econrig_2012_1_21

26. Куріненко, О. В. Побудова трендів трансформованих моделях діагностики банкрутства підприємства [Текст] / О. В. Куріненко // Науковий вісник Ужгородського національного університету : серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство / голов. ред. М.М. Палінчак. – Ужгород : Гельветика, 2017. – Вип. 14№Ч.1. – С. 173–177. – Бібліогр.: с.176–177 (11 назв). – Рез. рос., англ.

27. Г.Г. Стрелкова Виробництво електроенергії сонячними електростанціями: світові тенденції і стан в Україні// Енергетика: економіка, технології, екологія. 2015. № 2

28. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование: Учебник. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 228 с.

29. Статистична база даних України [Електронний ресурс] – Режим доступу:

http://database.ukrcensus.gov.ua/PXWEB2007/ukr/publ_new1/2018/zb_dy_2017.pdf

30. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua/?id=15006>

31. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] – Режим доступу: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

32. Бланк, С. Стартап. Настольная книга основателя / С. Бланк, Б. Дорф ; пер. с англ. Т. Гутман, И. Окунькова, Е. Бакушева. – 2-е изд. – Москва : Альпина Паблишер, 2014. – 614 с.